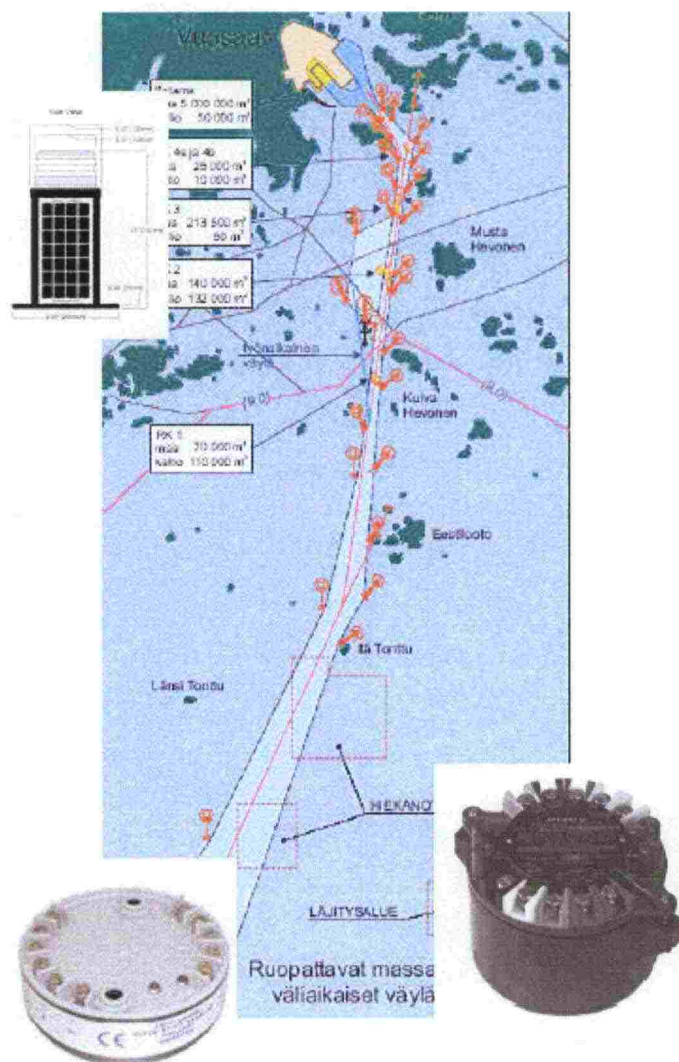


VÄYLÄN LOISTOJEN SYNKRONOINTI



Merenkulkulaitos

Helsinki 2006

ISSN 1456 – 9442



Tekijät (toimielimestä: toimielimen nimi, puheenjohtaja, sihteeri) VTT Tietotekniikka		Julkaisun laji Merenkulkulaitoksen sisäisiä julkaisuja	
W. Backman, P. Kemppi, J. Hautio, A. Hujanen		Toimeksiantaja Merenkulkulaitos, Väylänpito, R. Joro	
		Toimielimen asettamispäivämäärä	
Julkaisun nimi VÄYLÄN LOISTOJEN SYNKOROINTI			
Tiivistelmä <p>Valaistuilla väylillä taustalla olevan kaupungin tai sataman valot voivat häikäistä väylän käyttäjää ja siten estää näkemästä väylän suuntaa. Väylän suunnan näkemistä hankaloittavat myös epätahdissa vilkkuvat loistot ja etenkin sivusuunnasta väylää lähestyttäessä on ollut vaikea päätellä, mitkä ovat väylän uloimmat loistot (ns. suuloistot).</p> <p>Väylän näkemistä voidaan helpottaa vilkkuvien valojen synkronoinnilla. Tämän projektin puiteissa on selvitetty mahdolliset synkronointimenetelmät, yritysten tarjoamat tuotteet valojen synkronoimiseen sekä millä tavalla valojen pitäisi vilkkua parhaan näkyvyyden saavuttamiseksi. Sovelluskohteena on ollut väylä Vuosaaren uuteen satamaan. Lisäksi on selvitetty Pohjoismaiden merenkulkulaitosten kokemuksia synkronoinnista.</p>			
Avainsanat (asiasanat) Synkronointi, GPS, loisto.			
Muut tiedot			
Sarjan nimi ja numero Merenkulkulaitoksen julkaisuja 02 / 2006		ISSN 1456 - 9442	ISBN
Kokonaissivumäärä 1 + 37	Kieli Suomi	Hinta	Luottamuksellisuus
Jakaja		Kustantaja	

Sisällysluettelo

Sisällysluettelo	i
1 Johdanto	1
2 Turvalaitteiden valotunnukset	1
3 Synkronointimenetelmät	3
3.1 Yleistä synkronoinnista	4
3.2 Taajuusreferenssit	5
3.2.1 GPS	6
3.2.2 GSM-verkon aika	7
3.2.3 DCF77 - Frankfurtin kello - taajuusstandardiasemat	8
3.2.4 Digitaalinen televisio (DVB)	8
3.2.5 Yleisradion verkko	9
3.2.6 TV:n juovataajuus	9
3.2.7 Loran-C	9
3.2.8 Tahdistus muun radiosignaalin avulla (herätesignaalin käyttö)	10
3.3 Keskitetty synkronointi (master-slave)	10
3.3.1 Ulkoinen isäntä	10
3.3.2 Sisäinen isäntä	10
3.3.3 Protokollaesimerkki	10
3.4 Hajautettu synkronointi (peer-to-peer)	11
3.4.1 Hämäräkytkin	12
3.4.2 Protokollaesimerkki	12
4 Yritysten tarjoamat ratkaisut valojen synkronointiin	12
4.1 Sabik	13
4.1.1 Tekniikka ja tuotteita	13
4.1.1.1 Synkronointilaitteet	13
4.1.1.2 Vilkkulaitteet	15
4.1.1.3 Valolähteet	16
4.1.1.4 Toimivuus Suomen olosuhteissa	17
4.1.1.5 Energialähteet	17
4.2 Carmanah	17
4.2.1 Tekniikka	18
4.2.2 Tuotteita	18
4.2.2.1 702-GPS	18
4.2.2.2 Toimivuus Suomen olosuhteissa	19
4.2.2.3 Energialähteet	19
4.3 Pharos Marine / Automatic Power	19
4.3.1 Tekniikka	20

4.3.2	Tuotteita.....	20
4.3.2.1	Synkronointilaite.....	20
4.3.2.2	Valolähteet	21
4.3.2.3	Vilkkulaitteet.....	22
4.3.2.4	Muut tuotteet	22
4.3.2.5	Toimivuus Suomen olosuhteissa.....	23
4.4	O.I. Electric A/S.....	23
4.4.1	Tekniikka ja tuotteita.....	23
4.5	Idman Oy / Lentokenttävalaistus-yksikkö	24
4.6	Vertailu	24
5	Pohjoismaiden kokemukset synkronoinnista	24
5.1	Merenkulkulaitos	24
5.2	Farvandsvæsenet – Royal Danish Administration of Navigation and Hydrography.....	24
5.3	Sjöfartsverket – Swedish Maritime Administration	24
5.4	Kystverket – The Norwegian Coastal Administration.....	24
6	Valojen synkronointi käytännössä	24
6.1	Sovelluskohde: Vuosaaren väylä.....	24
6.2	Valojen vilkkumistavat parhaan näkyvyyden aikaansaamiseksi	24
7	Yhteenveto	24
	Lähdeluettelo.....	24
	Liite A: Lista haastatelluista henkilöistä	24
	Liite B: Lyhenneluettelo	24

1 Johdanto

Valaistuilla väylillä taustalla olevan kaupungin tai sataman valot voivat häikäistä väylän käyttäjää ja siten estää näkemästä väylän suuntaa. Väylän suunnan näkemistä hankaloittavat myös epätahdissa vilkkuvat loistot ja etenkin sivusuunnasta väylää lähestyttäessä on ollut vaikea päätellä, mitkä ovat väylän uloimmat loistot (ns. suuloistot).

Väylän näkemistä voidaan helpottaa vilkkuvien valojen synkronoinnilla. Tämän projektin puiteissa on selvitetty mahdolliset synkronointimenetelmät, yritysten tarjoamat tuotteet valojen synkronoimiseen sekä millä tavalla valojen pitäisi vilkkua parhaan näkyvyyden saavuttamiseksi. Sovelluskohteena on ollut väylä Vuosaaren uuteen satamaan. Lisäksi on selvitetty Pohjoismaiden merenkululaitosten kokemuksia synkronoinnista.

2 Turvalaitteiden valotunnukset

Turvalaitteilla merkitään kulkuvesiä ja varoitetaan kareista. Osa turvalaitteista on valaistuja ja tähän joukkoon kuuluvat viittapoiju, poijuviitta (molemmat yleensä valaistuja), valopoiju, valojääpoiju sekä valaistu reunamerkki. Jos reunamerkki on kauempana kuin 50 m väylän reunaviivasta, se määritellään tutkamerkiksi. Tutkamerkissä voi myös olla tutkaheijastin tai se voi koostua tutkamajakasta. Tärkeimpiin valaistuihin turvalaitteisiin kuuluvat myös majakat, sektoriloistot, linjamerkit ja suuntamerkit.

Turvalaitteet voidaan luokitella myös käytön perusteella. Kardinaalimerkkeihin kuuluvat pohjois-, itä-, etelä- ja länsimerkki. Lateraalimerkkeihin kuuluvat oikea ja vasen merkki. Näiden lisäksi käytetään myös karimerkkejä, turvavesimerkkejä ja erikoismerkkejä.

Kardinaalijärjestelmän perustana ovat ilmansuunnat. Pohjoisviitta kertoo, että ohituksen tulee tapahtua pohjoispuolelta, itäpoiju taas itäpuolelta. Valotunnukset perustuvat kardinaalijärjestelmässä kellotauluun. Itämerkissä on kolme peräkkäistä vilkkua yleensä 5 sekunnin jaksolla, länsimerkissä yhdeksän vilkkua yleensä 10 sekunnin jaksolla ja etelämerkissä kuuden nopean vilkun perään vielä pitkä välähdys yleensä 10 sekunnin jaksolla. Pohjoismerkin valotunnus on jatkuva ja nopea vilkkuvalo. Valotunnukset on esitetty taulukossa 1 ja tunnusten lyhenteet taulukossa 2. Kaikki kardinaalimerkit ja -poijut vilkkuvat valkoisella valolla.










Lateraalijärjestelmässä merkin nimi ja väri riippuu sen sijainnista nimelliskulkusuuntaan nähden. Vasen merkki on punainen ja nimelliskulkusuuntaan kuljettaessa se osoittaa väylän vasenta reunaa. Oikea merkki on vihreä ja osoittaa vastaavasti väylän oikeaa reunaa. Valotunnukset on esitetty taulukossa 1 ja niiden lyhenteet taulukossa 2. Merenkululaitoksen lateraalimerkkien valotunnus on punainen tai vihreä vilkkuvalo. Jakson pituus on yleensä 3 sekuntia, mutta myös 6 sekunnin jaksoja käytetään.

Karimerkillä varoitetaan vaarakohteesta. Merkki voidaan ohittaa riittävän etäältä kummaltakin puolelta. Turvavesimerkin kohdalla on kulkukelpoista vettä. Erikoismerkin

avulla ei ohjata liikennettä, vaan sillä osoitetaan erityistä aluetta, laitetta tai olosuhdetta, joka kuvataan merikartoissa tai mainitaan purjehdusoppaissa. Myös karimerkin, turvavesimerkin ja erikoismerkin valotunnukset on esitetty taulukossa 1 ja lyhenteet taulukossa 2.

Linjatauluja käytetään aina pareittain. Taulujen ollessa suoraan allekkain ollaan keskellä väylää. Valaistut linjataulut vilkkuvat eri jaksoilla riippuen siitä, onko kyse ylemmästä vai alemmasta linjataulusta. Ylemmän linjataulun jakso ja yksittäisen vilkun pituus ovat yleensä pidemmät kuin alemman linjataulun vastaavat arvot. Sekä vilkkujen että jaksojen pituudet vaihtelevat Suomessa linjataulusta toiseen.

Taulukko 1. Turvalaitteiden valotunnukset [1], [2].

Merkin laji	Valotunnus	Lyhenne	Jakso	Väri
		ensisijainen/ toissijainen		
Pohjoismerkki		VQ / Q	-	valkoinen
Itämerkki		VQ(3) 5s / Q(3) 10s	5/10s	valkoinen
Etelämerkki		VQ(6) + LF1 10s / Q(6) + LF1 15s	10/15s	valkoinen
Länsimerkki		VQ(9) 10s / Q(9) 15s	10/15s	valkoinen
Vasen merkki		F1 3s / F1(2) 6s	3/6s	punainen
Oikea merkki		F1 3s / F1(2) 6s	3/6s	vihreä
Karimerkki		F1 2) 10s / 5s	10/5s	valkoinen
Turvavesimerkki		LF1 10s / Oc 10s	10s	valkoinen
Erikoismerkki		F1(4) / Oc(m) / F1(5/6) / F1(k+m)	20s	keltainen

Taulukko 2. Valotunnuksissa käytetyt lyhenteet [1].

Lyhenne englanniksi	Lyhenne suomeksi	Selitys
F1	V	Vilkkuvalo. Säännöllisesti toistuva vilkkuvalo (alle 30 vilkkua/min). Jakson pituus > 2 s.
F1(k)	V(k)	Vilkkuvalo, jossa <i>k</i> vilkkua toistuu säännöllisesti ja ryhmittäin.
F1(k+m)	V(k+m)	Yhdistetty ryhmävilkkuvalo, joka yhden jakson aikana vilkkuu ensin <i>k</i> kertaa ja sitten <i>m</i> kertaa.
LF1	KV	Kestovilkku. Säännöllisesti toistuva vilkkuvalo, jossa vilkun pituus > 2 s.
Oc	Ka	Katkovalo. Pimennys toistuu säännöllisesti ja valon pituus on vähintään 3 kertaa pimennyksen pituus. Jakson pituus > 2 s.
Oc(m)	Ka(m)	Ryhmäkatkovalo. Katkovalo, jossa <i>m</i> pimennystä toistuu säännöllisesti.
Q	Pv	Pikavilkku. Valo, joka vilkkuu 50 kertaa/min – 80 kertaa/min.
Q(k) n	Pv(k) n	Pikavilkku, jossa vilkkumäärä <i>k</i> toistuu <i>n</i> sekunnin jaksoin.
VQ	NPv	Nopea pikavilkku. Valo, joka vilkkuu 80 kertaa/min – 160 kertaa/min. Normaalitapauksissa 100 – 120 vilkkua/min.
VQ(k) n	NPv(k) n	Nopea pikavilkku, jossa vilkkumäärä <i>k</i> toistuu <i>n</i> sekunnin jaksoin

Tunnistamisen helpottamiseksi jokaisella majakalla on sille ominainen vilkkumissarja. Myös vilkkumisjaksot ovat erilaiset. Majakat ovat kaukana sekä rannikosta että muista turvalaitteista eikä niiden valo yleensä häiritse muiden turvalaitteiden näkyvyyttä. Sektoriloistot eivät vilku, vaan ovat aina päällä. Erivärisillä valoilla (valkoinen, vihreä ja punainen) näytetään väylän paikkaa.

Useimmilla kauppaväylillä käytetään enimmäkseen lateraalimerkkejä. Väylien risteyksissä voidaan käyttää kardinaalimerkkejä selkeyden parantamiseksi. Synkronointia ajatellen olisi suotavaa, että eri merkkien vilkkumisjaksot olisivat samanpituiset tai toistensa monikertoja. Lateraalijärjestelmän merkkien jaksot ovat 3 s:n monikertoja (3 s:n jaksot ovat tavallisempia kuin 6 s:n), kun taas kardinaalijärjestelmän ja muiden merkkien vilkkumisjaksot ovat 5 s:n monikertoja (5, 10 ja 20 s:n jaksot ovat yleisempiä kuin 15 s:n).

3 Synkronointimenetelmät

Käytännöllisin tapa ylläpitää synkronoitua vilkkumista on säädellä vilkkulaitteen sisäistä taajuuslähdettä ulkopuolelta saadun synkronointitiedon avulla. Useimmat kaupalliset tuotteet toimivat tällä tavalla. Ulkopuolelta tuleva tieto voi olla tarkka aikakoodi,

referenssitaajuus tai jopa synkronointipulssi. Jatkuvan yhteyden ylläpito synkronointitietoa antavaan lähteeseen kuluttaa kuitenkin paljon tehoa. Sisäistä taajuuslähdettä käyttämällä saadaan myös estettyä sellainen virhetilanne, missä valon vilkkuminen lakkaa, kun yhteys ulkopuoliseen synkronointitietoa antavaan lähteeseen katkeaa.

Loistojen synkronoituun vilkkumiseen tarvitaan valolähde, vilkkulaite ja synkronointilaite. Vilkkulaite (engl. flasher) määrää, milloin valolähde vilkkuu sisäisen kellonsa (taajuuslähteensä) tarkkuudella. Käytännössä muita toimivia ratkaisuvaihtoehtoja ei oikeastaan edes ole. Vilkkulaitteen sisäinen kello on yleensä kideoskillaattori. Tärkein kideoskillaattorin taajuuden stabiilisuuteen vaikuttava tekijä on lämpötilavaihtelu, mutta koska lämpötila muuttuu hitaasti vedenpinnalla, kideoskillaattorin taajuus pysyy suhteellisen stabiilina. Lämpötilan vaihtelun vaikutuksen vähentämiseksi kideoskillaattorit on usein koteloitu kideuuniin. Tällaisia oskillaattoreita käytetään esimerkiksi radioverkkojen tukiasemissa.

Tässä luvussa tarkastellaan ainoastaan langattomia synkronointimenetelmiä. Loistoja on synkronoitu merenpohjaa pitkin vedettyjen kaapeleiden avulla, mutta sitä ei pidetty hyvänä ratkaisuna etenkin kelluville turvalaitteille, koska ne voivat siirtyä. Lisäksi kustannukset ovat korkeat ja synkronointi kaapelin avulla vaikeuttaa sekä loistojen siirtämistä että uusien loistojen lisäämistä.

Seuraavissa luvuissa käydään ensin läpi synkronointi yleisellä tasolla, minkä jälkeen käsitellään referenssilähteet, joita voidaan käyttää synkronoinnissa. Seuraavaksi pohditaan, miten laitteet voisivat kommunikoida toistensa tai ulkopuolisen tahdistajan kanssa. Synkronointiin tarvitaan vähintään taajuuslähde ja vastaanotin, joissakin tapauksissa myös lähetin ja tiedonsiirtomenetelmä.

3.1 Yleistä synkronoinnista

Usein järjestelmän eri osien sisäiset kellot eroavat toisistaan. Vaikka kellot asetetaan samaan aikaan, alkavat niiden ajat poikkeamaan toisistaan ajan myötä. Seuraava kaava kuvaa eroa kahden kellon $C_1(t)$ ja $C_2(t)$ ajan välillä:

$$C_1(t) = a_{12} \cdot C_2(t) + b_{12},$$

missä a_{12} on kellojen suhteellinen ajautuma (engl. drift) ja b_{12} on kellojen suhteellinen poikkeama (engl. offset). Hetkellisten arvojen korjaaminen kerran ei riitä synkronointia varten, koska korjauksen jälkeen kellojen ajat jatkavat ajautumista. Siksi synkronointia suunniteltaessa tulisikin päättää, halutaanko korjata sekä ajautuma että poikkeama, vai halutaanko korjata toistuvasti kellojen poikkeamaa.

Mitä parempi laitteen sisäinen kello on, sitä kauemmin se pysyy oikeassa ajassa ilman synkronointia. Synkronointitiheyttä suunniteltaessa on myös otettava huomioon yhden tai useamman synkronoinnin epäonnistuminen: järjestelmän on silti pysyttävä ”synkronointirajojen” sisällä.

Aikasynkronointi voidaan jakaa kolmeen eri tarkkuuteen. Ensimmäinen on järjestystarkkuus (järjestelmän sisällä yksi osa tietää olevansa toisen osan edellä), toinen on tarkkuus suhteellisella ajalla (järjestelmän sisällä on sama aikayksikkö) ja kolmas on

globaali tarkkuus (tarkka aika myös muun maailman kanssa). Väylien synkronoinnissa suhteellinen aika on riittävä tarkkuus. Osien ei tarvitse olla täydellisesti synkronoituja, sillä ihmissilmä käsittää kaksi tapahtumaa samanaikaiseksi, jos niiden välinen ero on enintään 30 ms:n luokkaa. Tarkkuusvaatimukset eivät siten ole korkeat ja esimerkiksi langattomissa tietoliikennejärjestelmissä vaaditaan paljon tarkempaa synkronointia. GPS-järjestelmän avulla on mahdollista päästä jopa ”liian” tarkkaan synkronointiin, mutta toisaalta synkronointi voitaisiin suorittaa harvemmin.

3.2 Taajuusreferenssit

Taajuusreferenssiä valittaessa kannattaa suosia sellaisia ratkaisuja, joilla on hyvä kuuluvuus Suomessa, hinta-laatu-suhde kohdallaan ja jotka ovat luotettavia. Taajuusreferenssin kuuluvuuden kannalta on tärkeää, että koko synkronoitava loistoryhmä seuraa samaa referenssiä. Erikoisia antenniratkaisuja vaativat järjestelmät eivät ole poissuljettuja, sillä vastaanottimen ei tarvitse sijaita jokaisessa loistossa. Signaalit voidaan lähettää eteenpäin toisellakin tavalla (katso luku 3.3).

Taulukossa 3 on verrattu eri taajuusreferenssejä. GSM-järjestelmän taajuusreferenssin suosiminen kannattaa, jos matkaviestinjärjestelmän hyödyntämistä loistoissa suunnitellaan muutenkin. Samaa modeemia ja antennia voidaan käyttää useampaan tarkoitukseen. Jos taas loistot kommunikoivat toistensa, tahdistajan tai toisen verkon kanssa, tätä kommunikointijärjestelmää voitaisiin käyttää herätesignaalin lähettämiseen.

GPS-järjestelmää käytetään paljon tarkan ajan saamiseen ja valmiita toteutuksia löytyy paljon. Mikäli loistoihin suunnitellaan GPS-paikannuslaitteistoa, synkronointi GPS:n avulla on paras ratkaisu.

Keski-Euroopassa radiosignaali DCF77 kuuluu hyvin ja sitä on käytetty paljon kellosovelluksissa.

Tulevaisuudessa voitaisiin mahdollisesti hyödyntää televisio- ja radioverkkoa (etenkin digitaalisia verkkoja), mutta tällä hetkellä aikasignaalin poimiminen televisio- tai radiosignaalista ei ole kovin yksinkertaista. Loran-C-järjestelmä voidaan sulkea pois mahdollisten vaihtoehtojen joukosta, koska sillä ei ole tulevaisuutta Euroopassa.

Taulukko 3. Taajuusreferenssien vertailu

	Hyödyt	Haitat
GPS (1,5GHz)	hinta laskussa maailmanlaajuinen atomikello referenssinä vastaanotin stabiili ja tarkka pieni vastaanotinantenni	vaatii suoran näköyhteyden riippuvainen USA:n armeijasta
GSM-verkko (900 MHz, 1800 MHz)	tyypillisesti GPS:n alainen laajat peittoalueet samaa hintaluokkaa kuin GPS	antenniratkaisut vaikeampia toteuttaa poijuun kaikki verkot eivät ole UTC ^{*)} -synkronoituja
Herätesignaali (taajuus valittavissa)	paljon vaihtoehtoja stabiili järjestelmä	tahdistajana toimivalla laitteella voi olla suuri tehonkulutus
Radiosignaali (DCF77) (77,5 kHz)	yleensä hyvä pitkään stabiili ja tarkka	alueellinen kuuluvuus ilmakehän olosuhteet voivat vaikuttaa signaaliin
DVB (470-790 MHz)	maailmanlaajuinen	valmista vastaanotto- ratkaisua ei ole olemassa
Yleisradioverkko	maailmanlaajuinen	valmista vastaanotto- ratkaisua ei ole olemassa
TV:n juovataajuus	maailmanlaajuinen	valmista vastaanotto- ratkaisua ei ole olemassa
Loran-C	vastaanotin stabiili ja tarkka atomikello referenssinä	laitteet kalliimpia kuin GPS:ssä rajoitettu vastaanottoalue tulevaisuus epävarma

*) UTC (Coordinated Universal Time) on maailmanlaajuinen standardi ajalle. Aikaa seurataan useilla eri atomikelloilla eri maissa ja kansainvälinen paino- ja mittatoimisto (International Bureau of Weights and Measures) valvoo kellojen toimintaa.

3.2.1 GPS

GPS-satelliitit lähettävät jatkuvasti hajaspektrisygnaleja taajuuksilla 1575,42 MHz (L1) ja 1227,60 MHz (L2). Siviileille tarkoitettu koodi (C/A-koodi) lähetetään L1-taajuudella ja P-koodi armeijan käyttöön taajuuksilla L1 ja L2. Koodeissa lähetetään satelliittien sijaintitiedot ja aika. GPS-vastaanotin laskee paikkansa mittaamalla satelliittien signaalien suhteelliset saapumisajat, joten sillä on oltava suora näköyhteys satelliitteihin. Heijastunut signaali (esimerkiksi vedestä) voi vääristää tuloksia.

Jokaisella GPS-satelliitilla on neljä atomikelloa. U.S. Air Force Space Command valvoo näitä kelloja ja jokaisen satelliitin tarkkaa sijaintia maailmanlaajuisen valvontaverkon avulla. Kellokorjaukset lähetetään satelliiteille, jotka pysyvät ajassa 250 ns tarkkuudella. Monet tavanomaiset GPS-vastaanottimet eivät kuitenkaan seuraa aikaa yhtä tarkasti,

mutta kuitenkin riittävän tarkasti valojen synkronointia ajatellen. Merellä paikannuksessa tarvitaan kolme satelliittia, koska korkeus on tunnettu ja tuntemattomia tekijöitä on kolme: latitudi, longitudi ja aika. Synkronointiin riittää yhden satelliitin näkyvyys. Periaatteessa kaikkialla maailmassa on aina neljä satelliittia havaittavissa, ellei suoran näköyhteyden esteenä ole maantieteellisiä esteitä, rakennuksia, puiden lehvästöä tms. Sade tai pilvet eivät vaikuta signaalin havaittavuuteen, mutta laitteen pinnalle kertynyt vesi voi peittää näkyvyyden. Tämä ei ole ongelma, jos pinta on pyöreä.

GPS-vastaanottimien tarkkuutta voidaan parantaa käyttämällä tunnettuihin paikkoihin asetettuja tukiasemia, jotka lähettävät reaaliaikaista korjaustietoa liikkuvalla vastaanottimelle. Menetelmää kutsutaan differentiaali-GPS:ksi (DGPS) ja sen avulla saavutetaan jopa metrin luokkaa oleva paikannustarkkuus. Korjaustiedot voidaan lähettää erilaisten järjestelmien kautta, esimerkiksi GSM-verkon tukiasemien tai radiomastojen kautta. Merenkulkulaitos on rakentanut oman DGPS-järjestelmän, jossa korjaukset lähetetään kahdeksalta DGPS-tukiasemalta 87,0 – 314,5 kHz:n taajuudella. Korjaustiedot lähetetään yleensä RTCM-formaatissa. RTCM-sanoma sisältää ainoastaan korjaustietoa, joten korjattava aika on kuitenkin saatava GPS-satelliiteista.

Suoraviivaisin tapa hyödyntää GPS-signaaleja synkronoinnissa on sijoittaa jokaiseen synkronoitavaan laitteeseen oma GPS-vastaanotin. Markkinoilta löytyy lähes valmiita piirisarjoja, jotka voivat viedä antennin kautta tulevat tiedot sisäiseen taajuuslähteeseen. GPS-paikan laskemiseen tarkoitetut piirit ovat luonnollisesti monimutkaisempia kuin sellaiset piirit, jotka vastaanottavat ainoastaan kellonajan tai synkronointipulssin ja välittävät sen eteenpäin. GPS-sovelluksissa käytetyt piirit ovat kuitenkin halpoja niiden yleisyyden takia eikä tehonkulutukseen ole enää kovin suuri. Muita kuluja ei tässä tapauksessa synny, sillä signaalin vastaanottaminen on ilmaista eikä poijujen tarvitse kommunikoida toistensa kanssa.

GPS-signaalin avulla olisi mahdollista suorittaa jatkuvaa synkronointia, mutta käytännössä se olisi turhaa ja epäkäytännöllistä. Valojen sisäiset kellot tai taajuuslähteet ovat yleensä tarpeeksi hyviä pysyäksään hyvin synkronoituina minuutteja, kymmeniä minuutteja tai jopa tunteja tuotteesta (oskillaattoreista) riippuen. Tahdistus voitaisiin suorittaa tietyin aikavälein (GPS-vastaanotin aktivointi), jotta vaadittu tarkkuus säilyisi. Tehonkulutus olisi näin ollen pienempi.

3.2.2 GSM-verkon aika

GSM-verkossa on mahdollista saada verkon paikallinen aika ja päivä (kesäaika mukaan lukien) tukiasemalta. TeliaSoneran verkossa kellonaika luetaan matkapuhelinkeskuksesta (Mobile Switching Center, MSC) ja aika on tarkka. Matkapuhelinkeskus lukee kellon SDH-renkaan (Synchronous Digital Hierarchy) atomikellosta. SDH-verkossa tahdistajana toimii cesiumkello 2.048 MHz:n taajuudella. Kellonaika lähetetään koodina data-signaaleissa ja aikatieto generoidaan uudelleen verkon solmuissa. Automaattinen ajanpäivitys tai NITZ-ominaisuus (Network Identity and Timezone) on GSM:n standardien mukaan valinnainen sekä verkossa että matkaviestimessä. Vanhemmissa puhelimissa näiden tietojen hyödyntäminen ei ole mahdollista, mutta yleensä uudemmat puhelimet voivat päivittää oman sisäisen kellonsa ottaessaan yhteyden verkkoon.

Aikapäivitykset suoritetaan normaalisti silloin, kun rekisteröidytään verkkoon, matkaviestin siirtyä maantieteellisesti toiseen aikavyöhykkeeseen tai verkko muuttaa

aikaa (esimerkiksi kesä ja talviajan välillä). Tukiasema voi myös lähettää NITZ-tiedon, kun verkko muuttaa identiteettiään tai milloin tahansa signaalintyhteyden aikana.

NITZ-ominaisuudella varustettu matkaviestinverkko voi lähettää paikallisen ajan IMSI-tunnisteen (International Mobile Subscriber Identity) liitteenä. IMSI-tunnistetta lähetetään mm. silloin, kun puhelin kytketään päälle. IMSI-tunnisteen liitteenä lähetetään aikatietoja vain siinä tapauksessa, että tilaajan tiedot löytyvät matkapuhelinverkon vierailija-rekisteristä (Visitor Location Register, VLR). Mikäli tilaajatiedot puuttuvat vierailija-rekisteristä, asia voidaan yleensä korjata käynnistämällä puhelin uudelleen.

Jos poijujen sisäinen kello tai oskillaattori haluttaisiin päivittää GSM-vastaanottimen ja NITZ-tiedon avulla, päätelaitteen käynnistäminen kerran uudelleen pitäisi riittää. On kuitenkin huomioitava, että NITZ toimii vain, jos päätelaite tukee sitä. Jos päätelaiteella on GPRS-toiminto ja jos GPRS-yhteys aina on päällä, automaattinen ajanpäivitys ei toimi. Eli jos päätelaite on GPRS-kykyinen, niin laite ei voi olla "always on"-moodissa.

Verkko aika voidaan myös saada kiertoteitse esim. lähettämällä tekstiviesti omaan numeroon, jolloin vastaanotetussa SMS-viestissä saadaan tekstiviestikeskuksen (Short Message Service Centre, SMSC) aikaleima (Service Center Time Stamp, SCTS). Kaikkien loistojen pitäisi siis lähettää SMS-viesti itselleen, mikä tekee tästä kalliin ja kömpelön synkronointitavan. Lisäksi SMS-viestien käsittelyyn liittyy omat viivetekijänsä. Toinen mahdollinen tapa olisi muodostaa yhteys verkko-aika-palvelimeen (esim. pool.ntp.org) Internetissä yleisesti käytetyn TCP-protokollan (Transmission Control Protocol) avulla. Menetelmä tosin olisi hyvin kallis ja epäkäytännöllinen. Kolmas vaihtoehto olisi käyttää solussa omaa kanavaa (Cell Broadcast -kanavaa) kellotietojen lähettämiseen. Saman loistoryhmän jäsenet kuuluvat todennäköisesti myös samaan GSM-soluun, jolloin tämän toteuttaminen voisi olla helppoa. TeliaSoneran verkossa Cell Broadcasting -kanavia ei kuitenkaan ole käytössä.

3.2.3 DCF77 - Frankfurtin kello - taajuusstandardiasemat

Saksassa Keski-Euroopan aika (UTC+1 talvisin, UTC+2 kesäisin) lähetetään taajuudella 77,5 kHz. DCF77-lähetinantenni lähettää Braunschweigin atomikellon aikaa Frankfurt am Mainin läheisyydestä (50:01N, 09:00E) ja signaalin pitäisi kuulua 2000 km:n säteellä. Suomessa signaalin tulisi kuulua Ouluun saakka. Tanskassa yritys nimeltä Danat on toteuttanut synkronointia DCF77-referenssiaseman avulla. Yritys ei kuitenkaan tarjoa erillistä synkronointilaitetta eikä niiden vilkkulaitteet ja valolähteet sovi kaikille turvalaitteille. Lisäksi on epävarmaa kuuluuko signaali Suomessa riittävän hyvin yritysten laitteistolle.

3.2.4 Digitaalinen televisio (DVB)

HDTV:ssä (High Definition Television) video- ja audiosignaalien lisäksi lähetetään myös muuta informaatiota, mm. aikakoodi. Aikakoodi lähetetään DVB-T- (Terrestrial Digital Video Broadcasting) ja DVB-S-standardien (Satellite Digital Video Broadcasting) mukaisesti.

Digitaalisissa verkoissa aikakoodi lähetetään yleensä johtoja pitkin Pasilasta muualla Suomessa oleville TV-lähettimille. Tämä aikakoodi korjataan aika ajoin. Ainoina poikkeuksina ovat ne TV-lähettimet, jotka ovat niin lähellä toisiaan, että niiden kuuluvuusalueet ovat osittain päällekkäin. Nämä lähettimet on kuitenkin varustettu GPS-vastaanottimilla, joista ne

saavat tarkan ajan. Jos koko loistoryhmä vastaanottaa saman lähettimen lähettämän aikaviestin, ovat aikaerot sen verran pieniä, ettei niistä ole haittaa synkronoinnille. Jos ryhmän eri loistot kuuntelevat eri lähtimiä, on vastaanotetun aikatiedon tarkkuus suurella todennäköisyydellä edelleen riittävä, koska lähettimissä on käytössä yhteinen GPS-aika.

Digitaaliset televisiolähetykset sijoittuvat TV:n UHF-alueelle (470-790 MHz) kolmessa kanavanipussa (kolme maanpäällistä verkkoa). Kanavaniput A ja B kattavat vuonna 2005 99,9% Suomen väestöstä ja kanavanippu C 78%. Ulkomaerialueet eivät tällä hetkellä kuulu peittoalueeseen. TV-verkon signaalien vastaanottamiseen tarvittavan antennin koko on liian suuri soveltuakseen kelluviin turvalaitteisiin. Lisäksi antennin on oltava suuntaava. Kiinteissä turvalaitteissa koko ja suuntaavuus eivät ole yhtä suuria ongelmia kuin kelluvien turvalaitteiden tapauksessa.

3.2.5 Yleisradion verkko

FM RDS:n (Radio Data System) avulla voidaan lähettää hyödyllistä tietoa vastaanottajille, esim. radiokanavan ja ohjelman nimi, liikennetilanneraportti tai aika. Yleisradion RDS-kello on lukittu GPS-kelloon ja lähettimien kooderit lähettävät ajan kerran minuutissa. Jos kellonajan vastaanotossa tapahtuu virhe, korjaus on mahdollinen vasta minuutin kuluttua. Eräät vastaanotinmallit lukevat ajan avauksen yhteydessä ensimmäisestä vastaanotetusta aikalähteestä. Jos vastaanotin on viritetty väärää kellonaikaa lähettävälle paikallisradiotaajuudelle, jää vastaanottimeen väärä kellonaika. Tällöin Yle:n kanavalle siirryttäessä vastaanotin ei lue uutta aikaa, ellei sitä sammuteta ja käynnistetä uudestaan Yle:n kanavalla.

Maaialmalta löytyy useita radioasemia, joiden tehtävänä on lähettää tarkkaa UTC-aikaisignaalia eri taajuuksilla. Tunnetuimpiin asemiin kuuluvat WWV-asema Coloradossa, USA:ssa ja WWVH Hawajilla, USA:ssa. Nämä radioasemat lähettävät tietoja taajuuksilla 2,5, 5, 10, 15, and 20 MHz. Valitettavasti Suomessa ei näitä radioasemia kuulla. LF-taajuusalueella löytyy kuitenkin Suomeen kuuluva DCF77-standardiasema (katso luku 3.2.3).

3.2.6 TV:n juovataajuus

Televisiolähteissä on mukana myös juovataajuus 15625 Hz, joka on lukittu tarkkaan taajuusreferenssiin. Euroopassa käytetyssä PAL-järjestelmässä (Phase Alternation Lines) jokainen kokokuva koostuu 625 juovasta ja 25 kokokuvaa siirretään joka sekunti vastaanottajalle ($625 \times 25 = 15625$). Isoilla kansallisilla yhtiöillä, kuten esimerkiksi Yle:llä, taajuusreferenssit perustuvat cesium- tai rubidiumkelloihin. Periaatteessa poijun vilkkulaitteen sisäinen oskillaattori voitaisiin kalibroida TV-signaalin referenssitajuuden avulla.

3.2.7 Loran-C

LF-taajuuksilla toimiva Loran-C on alun perin suunniteltu radionavigointia varten USA:n rannikkoalueella. Maanpäälliset Loran-C-tukiasemat lähettävät signaaleja samanaikaisesti. Loran-C-lähetysten referensseinä käytetään cesiumoskillaattoreita ja siksi signaaleja käytetään usein taajuuskalibrointeihin. Loran-C-vastaanottimen avulla voidaan saada tarkka UTC-pulssi (eli laskurin) mutta ei kellonaikaa. Euroopassa on ollut Loran-C

Nels toiminnassa 1950-luvulta saakka, mutta tammikuussa 2006 tämän järjestelmän toiminta päättyi.

3.2.8 Tahdistus muun radiosignaalin avulla (herätesignaalin käyttö)

Synkronointia varten ei välttämättä tarvita aikakoodia tai taajuusreferenssiä vaan synkronointi voidaan toteuttaa myös herätesignaalin avulla. Tämä vaatii loistoryhmään laitteen, joka lähettää herätesignaalin ja toimii tällä tavalla isäntänä (engl. master). Muut laitteet toimivat renkinä (engl. slave) ja korjaavat oman kellonaikansa herätesignaalin perusteella. Tämä on yksinkertaisin radiosignaaliin perustuva synkronointimenetelmä. Lisäksi laitteiden toimintaa voidaan synkronoida lähettämällä viestejä niiden välillä.

3.3 Keskitetty synkronointi (master-slave)

Keskitetyssä synkronoinnissa järjestelmä on hierarkkinen. Yksi tai useampi korkeatasoisempi isäntä ohjaa muita alemmalla tasolla olevat renkejä. Viestin vastaanottaminen kuluttaa vähemmän tehoa kuin lähettäminen ja laskenta tai tiedon käsitteleminen sitäkin vähemmän [7]. Koska pieni energiankulutus on turvalaitteiden tapauksessa tärkeää, tulisi suosia järjestelmää, jossa taajuusreferenssejä käsitellään paikallisesti ja isäntä on ulkoinen. Jos halutaan käyttää järjestelmän sisällä olevaa isäntää, sille pitäisi sallia suurempi tehonkulutus kuin rengeillä.

3.3.1 Ulkoinen isäntä

Synkronoinnissa käytettävä aikainformaatio voidaan saada järjestelmän ulkopuolelta, esimerkiksi GPS-satelliiteista tai GSM-verkosta. Jokainen loisto siis päivittää sisäisen kellonsa GPS:n tai GSM-verkon kellon mukaan. Loistoryhmän lähellä oleva ulkopuolinen laite, joka pystyy vastaanottamaan jonkin edellisessä luvussa mainituista taajuusreferensseistä, voisi myös toimia ulkopuolisena isäntänä. Korjaustiedot välitettäisiin isännästä muille loistoryhmään kuuluville laitteille.

3.3.2 Sisäinen isäntä

Jos yksi loistoryhmään kuuluvista laitteista vastaanottaa ulkoisen taajuusreferenssin ja lähettää tämän perusteella korjausviestejä loistoryhmän muille laitteille, voidaan puhua sisäisestä isännästä. Jos ulkoista taajuusreferenssiä ei tarvitse käyttää, sisäisen isännän kello voi toimia referenssinä koko loistoryhmälle. Tässä tapauksessa etäisyyksien on oltava kuitenkin riittävän lyhyitä, jotta kaikki samaan loistoryhmään kuuluvat laitteet kuulevat isäntää. Sisäistä isäntää käytettäessä on myös huomioitava, että jokaisen laitteen tulisi kuulla vain yhtä isäntää.

3.3.3 Protokollaesimerkki

Etenkin silloin kun isäntä sijaitsee järjestelmän sisällä, olisi hyvä käyttää protokollaa, jonka avulla varmistetaan, että kaikille rengeille välittyy sama aika. Alla on esitetty Internetissä käytetty NTP-protokolla (Network Time Protocol) ja pari protokollaesimerkkiä, joita on ehdotettu sensoriverkoille. Sensoriverkko voi esimerkiksi mitata tai havaita ympäristöparametreja (kosteus, lämpö, sijaintia, saastuminen). Näille verkoille

ehdotetut protokollat ovat kiinnostavia, sillä sensoriverkoissa vaaditaan alhaista tehonkulutusta. Toisaalta tarkkuusvaatimukset ovat tiukemmat kuin loistojen.

Yksi tunnetuimmista synkronointiprotokollista on Internetissä laajasti käytetty NTP-protokolla [3]. Tämä on luotettava ja tehokas protokolla, joka toimii monitasoisessa hierarkkisessa verkossa. Yhdellä palvelimella on tarkka aika (esim. rubidiumkello tai GPS-signaalista otettu aika) ja muut ottavat yhteyttä tähän palvelimeen, jolloin ne saavat ajan NTP-protokollan avulla. Viestejä lähetetään edestakaisin. Ajanhetkellä T_4 vastaanotettu viesti sisältää kolme viimeistä aikaleimaa T_1 , T_2 ja T_3 . T_1 on aikaisemman viestin vastaanottoaika, T_2 saman viestin lähetysaika ja T_3 nykyisen viestin lähetysaikaleima. Aikaero θ saadaan laskemalla keskiarvo kahden viestin vastaanottoaikaleiman ja lähetysaikaleiman erotukselle

$$\theta = \frac{((T_1 - T_2) + (T_3 - T_4))}{2}$$

ja edestakaisen matkan viive δ on

$$\delta = ((T_1 - T_2) - (T_3 - T_4)).$$

NTP-protokollan aikaeroksi valitaan minimiä δ_i vastaavaa aikaero θ_i kahdeksasta viimeisimmästä laskelmasta.

TPSN-protokolla (Timing Synch Protocol for Sensor Networks) [4] takaa sen, että yhden osan lisääminen tai poistaminen ei kaada synkronointia. Verkko autokonfiguroi itsensä ja verkkoa voidaan laajentaa, sillä yksi osa voi samalla toimia yhden aliverkon renkinä sekä toisen isäntänä. Protokollalla on kaksi jaksoa. Ensiksi suoritetaan tason identifiointi, jonka perusteella osat tietävät ketä kuunnella eli kuka toimii isäntänä. Tämän jälkeen suoritetaan itse synkronointi. Renki lähettää synkronointipulssin, joka sisältää tasonumeron sekä aikakoodin T_1 . Isäntä vastaanottaa tämän ajalla $T_2 = T_1 + \delta + d$, jossa d on kulkuaika ja δ on kellojen ero. Isäntä lähettää ajanhetkellä T_3 orjalle kuittausviestin, joka sisältää kaikki ajat (T_1 , T_2 ja T_3). Ottamalla huomioon myös tämän viestin vastaanottoajan T_4 , renki voi korjata oman kellonsa ajan.

IEEE 802.11-standardeissa (WLAN) ajan synkronointiprotokollassa eri osat laskevat omien sisäisten kellojensa virheet ja korjaavat niiden ajat. Isäntä ottaa sisäisen kellonsa aikaleiman ajanhetkellä t_1 ja lähettää sen kaikille ajanhetkellä t_2 . Kaikki rengit vastaanottavat fyysisesti tämän viestin ajanhetkellä t_3 ja korjaavat omat kellonsa vastaamaan isännän kelloa ajanhetkellä t_4 . Synkronoinnin kriittiseen polkuun kuuluu tapahtumat isännän aikaleiman ottamisesta orjien kellojen korjaukseen saakka. Jos etäisyydet isännän ja renkien välillä ovat lyhyet ja suurin piirtein yhtä pitkät, kriittinen polku lyhenee.

3.4 Hajautettu synkronointi (peer-to-peer)

Synkronoitava ryhmä voi myös olla verkkotopologialtaan hajautettu. Tällöin laite-ryhmässä ei ole isäntää, vaan synkronointi suoritetaan laitteiden välisillä viestisanomilla. Verkon solmut voivat kommunikoida kaikkien naapureiden kanssa eikä synkronointi esty, jos yksi solmu ei toimi (kuten master-slave synkronoinnissa, jos master ei toimi).

Seuraavissa luvuissa esitetään esimerkkejä siitä, miten tämän kaltainen synkronointi voitaisiin toteuttaa.

3.4.1 Hämäräkytkin

Loistoissa on yleensä herkkä hämäräkytkin, joka sytyttää vilkkuvalon, kun hämäryyttä on kestänyt tarpeeksi kauan. Hämäräkytkimet ovat kuitenkin eri paikoissa, joten itsenäisesti toimivat loistot käynnistyvät hieman eri aikaan. Hetkellinen valo ympäristössä ei myöskään sammuta vilkkuvaloa, vaan valoa pitää olla havaittavissa riittävän kauan.

Tavallisen hämäräkytkimen lisäksi valolaitteessa voisi olla suunnattu kytkin, joka korjaisi oman tahtinsa vastaamaan naapurin tahtia. Kelluvissa turvalaitteissa tämä ei kuitenkaan toimisi luotettavasti, sillä niiden asento muuttuu aallokon vaikutuksesta. Kiinteissä turvalaitteissa synkronointi hämäräkytkimen avulla voisi toimia, mutta olisi kuitenkin suhteellisen epäluotettava menetelmä.

3.4.2 Protokollaesimerkki

Sensoriverkkoihin on ehdotettu RBS-synkronointimenetelmää (Reference Broadcast Synchronization) [5]. Tässä menetelmässä verkon solmut lähettävät referenssisanomia naapureilleen ja niiden avulla synkronoidaan solmujen toimintaa. Synkronoinnissa solmujen paikallisia vastaanottoaikoja verrataan toisiinsa (viestit eivät sisällä aikaleimaa). Tämän protokollan suurin etu on se, että ”kriittinen polku” lyhenee. Kriittinen polku sisältää kaikki tapahtumat, jotka vaikuttavat synkronointitarkkuuteen. Vastaanottajien pitää arvioida referenssiviestin lähetykseen kulunut kokonaisaika sisältäen mm. viestin prosessointiaika ja odotusaika ennen viestin lähetystä. Nämä kaikki vaikuttavat aikatarkkuuteen. RBS-protokollan kriittiseen polkuun kuuluu vain kulkuaikaerot ja viestin vastaanottoprosessointi. RBS-protokolla vaatii usean viestin lähettämistä. Jos järjestelmässä on n osaa, protokolla vaatii $O(n^2)$ viestivaihtoa.

Tilastollinen kello-synkronointi sensoriverkkoja varten [6] on RBS-protokollan laajennus. Alentamalla synkronointitarkkuutta voidaan pienentää laskennallista monimutkaisuutta ja tehonkulutusta. Tämä on käytännöllistä, varsinkin jos ei tavoitella suurta synkronointitarkkuutta ja järjestelmä on energiarajoitteinen. Menetelmässä laitteet lähettävät useita referenssiviestejä toisilleen. Viestien vastaanottoajat ovat riippumattomasti hajautettuja ja kuvaavat siksi Gaussin jakaumaa keskiarvolla nolla. Gaussin tiheysfunktion leveys voidaan olettaa kuvaavan synkronointitarkkuutta ja sen avulla voidaan päätellä, kuinka monta referenssiviestiä tulee lähettää, jotta tavoitetarkkuus saavutetaan.

4 Yritysten tarjoamat ratkaisut valojen synkronointiin

Tässä luvussa käsitellään yritysten tarjoamia tuotteita vilkkuvien valojen synkronoimiseen. Langatonta synkronointia tarjoavat Sabik, Carmanah, Pharos Marine / Automatic Power ja O.I. Electric. Näistä yrityksistä O.I. Electric tarjoaa ainoastaan synkronointilaitteen, kun taas muut yritykset tarjoavat myös vilkkulaitteita ja valoja. Idman tarjoaa ainoastaan langallista synkronointia.

Meriolosuhteet asettavat kovat vaatimukset erityisesti kelluville turvalaitteille ja niihin kiinnitettävän laitteiston tulisi kestää lämpötiloja $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$ asti, 100-120 kN:n puristuspaineen sekä 24 G:n kiihtyvyyden.

4.1 Sabik

Oy Sabik Ab [8] on porvoolainen yritys, joka on erikoistunut merenkulkuun, maantiiliikenteeseen ja rautatiehen liittyviin laiteratkaisuihin. Yrityksellä on käytännön kokemusta optiikasta, mikroprosessoriteknologiasta ja ohjelmistojen kehittämisestä. Yrityksellä on ISO 9001-sertifikaatti ja sen suurimmat asiakkaat löytyvät Pohjoismaista.

4.1.1 Tekniikka ja tuotteita

Sabikin tuotteissa synkronointi voidaan toteuttaa sekä GPS:n kellon avulla että keskitettynä synkronointina (master-slave) UHF-taajuuksilla. Valojen synkronoimisesta GPS:n kellon avulla huolehtii GPS Synk -yksikkö ja tiedonsiirtoon UHF-taajuuksilla tarvitaan UHF-modeemi. Toimivaan kokonaisuuteen tarvitaan lisäksi vilkkulaite, joka useimmiten on LEDflasher sekä valo- ja energialähteet. Laitteistoon kuuluu myös sensori, jonka toimesta siirrytään päivätilasta yötilaan ja sytytetään valot.

4.1.1.1 Synkronointilaitteet

Synkronointipulssin generoimisesta huolehtii Sabikin GPS Synk -yksikkö, joka koostuu GPS-laitteesta ja mikrokontrollerista. GPS Synk -yksikön edeltäjä on FS GPS. Mikrokontrolleri herättää yksikön tietyin aikavälein, jolloin se ottaa yhteyttä GPS-satelliittiin ja tahdistaa kellonsa. Edellinen synkronointiajankohta on tallennettu muistiin ja vastaanotettuaan uuden ajan yksikkö tietää, milloin seuraava synkronointipulssi on lähetettävä vilkkulaitteelle. Ilman synkronointia vilkkulaite huolehtii itsenäisesti valolähteen vilkkumisesta oman taajuuslähteensä tarkkuudella. Kun vilkkulaite saa synkronointipulssin, se korjaa sisäistä kelloaan pulssin perusteella. Tietyn ajan kuluttua synkronointipulssista valo syttyy. Lyhin mahdollinen viive on noin 0,25 s. Aika on ohjelmoitavissa, jotta valo syttyisi sopivassa vaiheessa verrattuna muihin valoihin. Ohjelmoitavaa viivettä kutsutaan synkronointipoikkeamaksi.

Sabikin GPS Synk -yksikössä synkronointipulssi generoidaan 10 min välein. Mikrokontrolleri herättää GPS-yksikön 9 min kuluttua. Yhteys GPS-satelliittiin saadaan vähintään 32 sekunnissa. Kun tarkka aika on saatu satelliitista, mikrokontrolleri laskee oman kellonsa avulla, milloin seuraava synkronointipulssi on lähetettävä.

Vilkkuva valo pysyy hyvin synkronoituna noin 30 min, joten vaikka yksi synkronointikerta jäisi väliin, ei sillä ole silmin havaittavaa vaikutusta valojen tahdistukseen. Synkronointi voidaan suorittaa kahden minuutin välein, mutta 10 minuutin synkronointitaajuuden on todettu olevan riittävä.

GPS Synk -yksikkö voidaan tarvittaessa yhdistää muiden valmistajien valolähteisiin ja vilkkulaitteisiin. GPS Synk -yksikkö on esitetty kuvassa 1 ja sen tekniset tiedot on esitetty taulukossa 4.

Taulukko 4. GPS Synk -yksikön tekniset tiedot.

Virrankulutus aktiivitilassa	30 mA @ 12 V
Virrankulutus valmiustilassa GPS-yhteydenottojen välillä	1,5 mA @ 12 V
Virrankulutus päivällä (valo on pimeä)	1,5 mA @ 12 V
Jännite	8-20 V



Kuva 1. GPS Synk -yksikkö.

Synkronointi radiolinkkien avulla tapahtuu siten, että yksi laite toimii isäntänä ja muut seuraavat tätä laitetta renkeinä (keskitetty synkronointi). Synkronointipulssi lähetetään isäntänä toimivasta laitteesta. Sabikin ratkaisussa käytetään UHF-taajuuksia. Synkronointi radiolinkkien avulla on luotettava, mutta käytetympi tapa on tehdä se GPS:n kellon avulla, sillä sen toteuttaminen on halvempaa. Menetelmää kuitenkin käytetään joissain määrin satamissa.

Keskitettyyn synkronointiin tarvitaan FC UHF -laite, joka on lähinnä kaukovalvontaan tarkoitettu radiomodeemi. Laitetta voidaan kuitenkin myös käyttää valojen synkronoimiseen ja se voi toimia joko isäntänä tai renkinä. FC UHF -laite on esitetty kuvassa 2 ja sen tekniset tiedot taulukossa 5. FC UHF -laitteet pystyvät kommunikoimaan toistensa kanssa, jos niiden väliset etäisyydet ovat alle 7 meripeninkulmaa (mpk). Pidemmillä etäisyyksillä viestit voidaan välittää laitteesta toiseen toistintoimintoja avulla.

Taulukko 5. FC UHF -laitteen tekniset tiedot.

Jännite	12-28 V
Virrankulutus lähetystilassa	350 mA @ 12 V
Virrankulutus vastaanottotilassa	90 mA @ 12 V
Virrankulutus nukkumatilassa	2,5 mA @ 12 V
Lämpötilakestävyys	-40 °C...+70 °C
Mitat	200 x 90 x 60 mm



Kuva 2. FC UHF -laite.

4.1.1.2 Vilkkulaitteet

Tällä hetkellä yleisin käytössä oleva vilkkulaite on LEDflasher, joka korvaa vanhemman Smartflasherin. FC UHF -laite toimii ainoastaan Smartflasherilla. Smartflasherin edeltäjä on Proflasher. LEDflasher määrää, milloin valo vilkkuu oman kideoskillaattori-kellonsa (taajuuslähteensä) tarkkuudella. LEDflasherin vilkkumissarja on vapaasti valittavissa ja se voi tukea sekä IALA:n määrittelemiä että standardoimattomia sarjoja.

LEDflasher on esitetty kuvassa 3 ja sen tekniset tiedot taulukossa 6. Synkronointipoikkeama voi olla 0,1 – 325 s mutta se ei saa olla pitempi kuin vilkkumisjakso. Kooltaan Smartflasher ja LEDflasher ovat yhtä suuret ja molemmat laitteet voidaan ohjelmoida ja lukea vilkkulaitteiden ohjelmointilaitteen Programmer Mk 2:n avulla. Ohjelmointilaitteen avulla mm. synkronointipoikkeamaa ja vilkkumissarjaa voidaan muuttaa.

Taulukko 6. LEDflasherin tekniset tiedot

Jännite	6-28 V
Maksimimäärä vilkkumisia yhdessä sarjassa	20
Vilkkumissarjan maksimipituus	325 s
Vilkkumissarjan minimipituus	0,05 s
Ajan tarkkuus	±0,1%
Lämpötilakestävyys	-40 °C...+60 °C



Kuva 3. LEDflasher.

LEDflasheria käytetään nyt kaikissa laitteistoissa, mutta tulevaisuudessa tehonkulutusta yritetään pienentää kehittämällä eri valolähteille erilaiset ratkaisut. Kun LED-valon hyötysuhde paranee, vilkkulaitteen tehonkulutusta on vähennettävä, jotta vilkkulaite ei kuluttaisi kohtuuttomasti tehoa verrattuna LEDiin. Lisäksi vilkkulaitteita pyritään kehittämään siihen suuntaan, että ne tarvitsevat yhä vähemmän synkronointipulsseja. Taulukossa 7 on esitetty LEDflasherin, Smartflasherin ja kehitteillä olevien laitteiden virrankulutukset.

Taulukko 7. Smartflasherin, LEDflasherin ja kehitteillä olevien laitteiden virrankulutukset @ 12 V.

	Aktiivitila	Nukkumatila
Smartflasher	12 mA	< 1 mA
LEDflasher	6 mA	< 1 mA
Kehitteillä olevat vilkkulaitteet	1,5 mA	< 1 mA

4.1.1.3 Valolähteet

Kaikki Sabikin valolähteet voidaan synkronoida ja ne on esitetty kuvassa 4. Valolähteitä on tarjolla useisiin eri tapauksiin. Avautumiskulman suhteen ei ole tarkkoja rajoituksia: kaikkiin valolähteisiin saadaan haluttaessa myös laajempi avautumiskulma.

- LED155-valolähde toimii LED-valolla ja sen linssi on 155 mm. Se on tarkoitettu lähinnä kiinteisiin turvalaitteisiin, koska se ei ole luotettava jääolosuhteissa. Punaisen ja vihreän valon tehotaso on viisi kertaa suurempi kuin niissä valolähteissä, joiden linssi on 85 mm.
- LED155 WIDE on samanlainen valolähde kuin LED155, mutta sen avauskulma on suurempi.
- LED155-PS05-valolähteessä aurinkopaneelit toimivat energialähteenä, mutta ne ovat liian pieniä toimiakseen Suomessa. Energiajärjestelmä koostuu 4 x 5 W -aurinkopaneelist ja 40 Ah akusta.
- LED350 on majakoihin tarkoitettu valolähde, jonka avautumiskulma on pieni mutta valovoima suuri. Valoja voi olla seitsemässä kerroksessa, jolloin saadaan 9800 kandelan valovoima (1400 kandela/kerros).
- LO-valolähteet on tarkoitettu linjataulujen valoiksi. LO1 toimii hehkulampulla ja LO1-LED toimii LED-valolla.

- VP-LED-valolähde on kelluviin turvalaitteisiin sopiva valolähde, joka kestää lieviä jääolosuhteita. Se soveltuu hyvin esim. järviseuille.
- LS-laitteilla on leveä avautumiskulma ja ne ovat sopivia valolähteitä sulkuihin ja kanaviin.
- MPV-LED-laite on suunniteltu kestämaan vaikeita jääolosuhteita. Se toimii kelluvissa turvalaitteissa merellä.

LO- ja LS-laitteita lukuun ottamatta kaikki valolähteet toimivat $-40\text{ }^{\circ}\text{C} \dots +60\text{ }^{\circ}\text{C}$ lämpötiloissa. LO-valolähde toimii $-25\text{ }^{\circ}\text{C} \dots +55\text{ }^{\circ}\text{C}$ lämpötiloissa. LS-valolähteen lämpötila-kestävyydestä ei ollut saatavilla tietoja.



Kuva 4. Sabikin valolähteet. Vasemmalta oikealle LED155, LED350, LO1-LED, VP-LED, LS 100 ja MPV-LED.

4.1.1.4 Toimivuus Suomen olosuhteissa

Sabikin vaikeita olosuhteita kestämaan suunniteltu valolähde MPV-LED toimii käyttökokemusten perusteella Suomen jääolosuhteissa. Yritys ei kuitenkaan lupaa laitteen kestävän varmasti 24 G:n kiihtyvyyttä ja 100-120 kN:n puristuspainetta. MPV-LED kestää $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$ lämpötilan. Kun valolähde varustetaan vilkkulaitteella ja GPS Synk-laitteella, kokoonpanon pitäisi kestää myös Suomen jääolosuhteita. Tässä tapauksessa heikoin lenkki on antenni, joka voi irrota jään paineen kohdistuessa suoraan siihen.

4.1.1.5 Energialähteet

Sabikin laitteistoissa voidaan käyttää Merenkulkulaitoksen alkaliparistoja. Sabik on käyttänyt aurinkopaneeleja kelluvissa laitteissa pohjoisimmillaan Latvian Riikassa.

4.2 Carmanah

Carmanah [9] on kanadalainen yritys, jolla on kolme tuotekehityskohdetta: aurinko-energialla toimiva LED-valaistus, aurinkoenergiajärjestelmät ja LED-valoilla toimivat kyltit. Ensimmäiseen teknologiayksikköön kuuluu vilkkuvia LED-valoja merenkulun tarkoituksiin. Yritys tarjoaa myös ratkaisuja vilkkuvien laitteiden synkronoimiseen. Carmanah on myynyt LED-valaistukseen liittyviä tuotteita merenkulun ohella myös maanteille, rautateille, lentokentille ja teollisuudelle.

Carmanah valmistelee tuotteitaan ISO 9001:2000 laatustandardien mukaisesti. Pääkonttori ja päävalmistuspaikka sijaitsevat Victoriassa, Kanadassa. Yrityksellä on myös myyntikonttoreita USA:ssa ja Iso-Britanniassa.

4.2.1 Tekniikka

Synkronoinnissa käytetään samantyyppistä menetelmää kuin Sabikin tuotteissa. GPS-aika tarkistetaan satelliitista tietyin väliajoin ja ajan perusteella korjataan laitteiston sisäisen taajuuslähteen ajalehtiminen. Tällä hetkellä ollaan tyytyväisiä GPS-synkronointiin eikä tarjota muita synkronointimenetelmiä. Synkronointi tehdään ohjelmistolla. Carmanah on ilmoittanut, ettei se myy yksistään synkronointilaitetta, vaan se kuuluu osana heidän laitteistoa.

4.2.2 Tuotteita

Carmanah on pyrkinyt rakentamaan laitteita, joiden kaikki toiminnot on sisällytetty yhteen pakkaukseen. Aurinkopaneelit, akut, LED-lamput ja GPS-vastaanotin ovat kaikki samassa pakkauksessa. Kaikki laitteet kytkevät itsensä päälle ja pois automaattisesti ja kehittyneimmät tuotteet pystyvät myös puhdistamaan aurinkopaneelejaan. Valoteho tuotetaan rivillä kirkkaita LED-valoja.

Kaikki laitteet toimivat aurinkoenergialla ja LED-valojen kantomatka on meripeninkulmissa 1 (501-malli), 2 (601-malli) tai 3 (70x-mallit). Näiden mallien lisäksi tarjotaan myös 704-mallia, jonka kantomatka on 4 mpk. 70x-ryhmän laitteet eroavat lähinnä sen perusteella, miten paljon auringonvaloa laitteiden uskotaan saavan. Ryhmän 70x malleista ainoastaan 701-5 GPS ja 702-GPS mahdollistavat vilkkuvien valojen synkronoimisen. Näistä 701-5 GPS -mallilla on pienemmät aurinkopaneelit ja huonommat energiansäilytysmahdollisuudet kuin 702-GPS-mallilla. Laitteiden kaukovalvonta ei ole tällä hetkellä mahdollista.

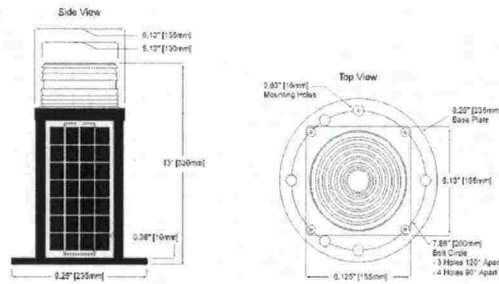
4.2.2.1 702-GPS

Malli 702-GPS on synkronointia tarjoavista malleista lupaavin Suomen olosuhteisiin isoimpien aurinkopaneelien takia. Mallin tekniset tiedot on koottu taulukkoon 8 ja rakenne on esitetty kuvassa 5. Malli on alun perin kehitetty Yhdysvaltojen rannikkovartioston toimesta ja se voidaan asentaa paikkoihin, missä auringonvaloa on enemmän kuin 1,0 tuntia päivässä talviaikaisin. Valojen värit perustuvat IALA:n spesifikaatioihin ja kaikki mahdolliset vilkkumissarjat voidaan toteuttaa. Muita huoltotoimenpiteitä kuin akkuyksikön vaihtaminen noin joka viides vuosi ei tarvita. Valosensori sytyttää ja sammuttaa valon itsestään.

Malliin on saatavissa infrapuna-ohjelmointilaitte mm. vilkkumissarjan vaihtamiseen, valovoimakkuuden säätämiseen, akkujen tarkistamiseen, aktivoimiseen ja deaktivoimiseen.

Taulukko 8. Malli 702-GPS:n tekniset tiedot

Synkronointivirhe	max. ± 50 ms
Lämpötilakestävyys	-40 °C...+80 °C
Valmiita vilkkumissarjoja	208



Kuva 5. Malli 702-GPS:n rakenne [9]

4.2.2.2 Toimivuus Suomen olosuhteissa

Carmanahin antaminen tietojen perusteella laitteiden tulisi toimia myös Suomen meriolosuhteissa. Kokemusten mukaan laitteet ovat kestäneet pitkiä aikoja toimintakuntoisina jäiden keskellä. Tuotteet kestävätkä lämpötiloja -40°C asti, minkä jälkeen akkujen lataaminen on vaikeampaa. Testissä 75 G:n kiihtyvyys ei ole aiheuttanut ongelmia 704-mallille. Puristuspainetestejä ei ole suoritettu, mutta laitteet on suunniteltu kestäämään ainakin 100-120 kN:n puristuspainetta.

Yrityksen www-sivuilla ilmoitetaan, että tuotteiden käyttöalue ulottuu 55 leveysasteelle. Yritykseltä saatujen tietojen mukaan heidän tuotteitaan (601 ja 702-5) käytetään kuitenkin Pohjois-Norjassa 71 leveysasteella. Yritys on kehittänyt menetelmän nimeltä ALC (Automatic Light Control), jonka avulla valojen toimivuutta voidaan parantaa paikoissa, jotka saavat vähän auringonvaloa. Jos auringonvalo ei näytä riittävän, valon intensiteettiä vähennetään akun säästämiseksi.

Yritys on simuloinut tuotteensa toimivuutta Helsingissä ja Sodankylässä Yhdysvaltain avaruusjärjestöltä (NASA) saadun datan perusteella. Simuloinnit on tehty auringonvalon saatavuuden kannalta huonoimmalle vuodelle viimeisten kymmenen vuoden aikana. Sodankylässä valon intensiteetti huononee syksyllä ja joulukuun puolivälistä helmikuun alkuun auringonvalosta saatu energia ei riitä valon sytyttämiseen. Helsingissä valon pitäisi toimia läpi talven, mutta talvella sen intensiteettiä jouduttaisiin todennäköisesti vähentämään.

4.2.2.3 Energialähteet

Laitteiston käyttöjännite on 4V. Jos asiakas haluaa käyttää yrityksen tarjoamien aurinkopaneelien sijasta muunlaisia paristoja, niiden jännitetaso tulisi olla noin 4,2V. Tällöin Carmanah ei kuitenkaan pysty takamaan laitteiston toimivuutta.

4.3 Pharos Marine / Automatic Power

Automatic Power [10] aloitti toimintansa jo vuonna 1947 The Lighthouse, Inc. -nimellä. Yritys on fuusioitunut useaan otteeseen ja vuonna 1989 Pharos Marine liittyi osakkaaksi. Yrityksellä on toimistoja ympäri maailmaa. Lähimmät sijaitsevat Lontoossa ja Tukholmassa. Pääkonttori on Houstonissa, Texasissa.

Yritys tekee signalointituotteita useisiin eri tarkoituksiin, mm. satamille, turvayrityksille, lentokentille ja öljy- ja kaasuteollisuudelle. Yritys on panostanut myös aurinkoenergiajärjestelmiin. Synkronoinnista GPS:n avulla yrityksellä on kokemusta vuodesta 1996 lähtien.

4.3.1 Tekniikka

Synkronointi perustuu langattomissa tapauksissa aina GPS:n kelloon. GPS-satelliittien kautta tulevaa tarkkaa aikaa käytetään laitteiston sisäisen kellon ajalehtimisen korjaamiseen. Tehon säästämiseksi satelliittiin otetaan yhteyttä vain joka 30. minuutti. Yritys tarjoaa myös langallista synkronointia, mutta nämä tekniikat eivät luonnollisesti sovellu turvalaitteille.

4.3.2 Tuotteita

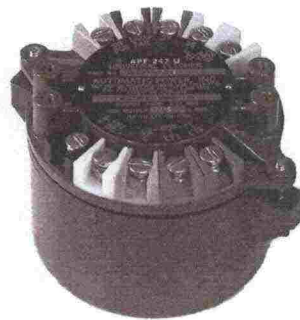
Yritys tarjoaa Uniflash-järjestelmän vilkkulaitteen synkronoimiseen GPS:n avulla sekä laitekokonaisuuden, johon kuuluu valo, vilkkulaite ja Uniflash.

4.3.2.1 Synkronointilaite

Apt2 Globalnav -kontrolleri on Uniflash-synkronointijärjestelmään kuuluva laite, jonka tekniset tiedot on esitetty taulukossa 9. Itse laite on esitetty kuvassa 6. Kontrolleri käyttää synkronoinnissa GPS-kellon aikaa hyväksi, kuten luvussa 4.3.1 on esitetty. Apt2 Globalnav -kontrolleriin on myös mahdollista kytkeä toisen valmistajan lamppuja ja paristoja. Sitä voidaan käyttää ainoastaan valojen synkronoimiseen. Yritys on ilmoittanut, että Apt2 Globalnav -kontrolleri on yhteensopiva Sabikin tuotteiden kanssa.

Taulukko 9. Apt2 Globalnav -kontrollerin tekniset tiedot.

Synkronointitarkkuus	< 10 μ s
Jännite	6-12 VDC
Virrankulutus aktiivitilassa	4 mA
Virrankulutus nukkumatilassa	1 mA



Kuva 6. Apt2 Globalnav -kontrolleri.[10]

4.3.2.2 Valolähteet

Valolähteitä tarjotaan 85 mm, 155 mm, 200 mm ja 250 mm linssillä. Yritys tarjoaa myös ohjaukseen tarkoitettuja valolähteitä, jotka voisivat sopia esimerkiksi linjamerkkeihin. Näiden valolähteiden vilkkumissarjat voidaan synkronoida.

Kelluville turvalaitteille sopii parhaiten 155 mm ja 85 mm linssillä varustetut valolähteet. Apt2 Globalnav -kontrolleri mahtuu 155 mm -valolähteen rakenteen sisään. 85 mm -valolähteissä kontrolleri kiinnitetään ulkopuolelle, joten sen hinta on 155 mm -valolähdettä korkeampi. Tarvittava GPS-antenni kiinnitetään linssin yläpuolelle. Yritys vakuuttaa, että laite jatkaa vilkkumista, vaikka synkronointi epäonnistuisi.

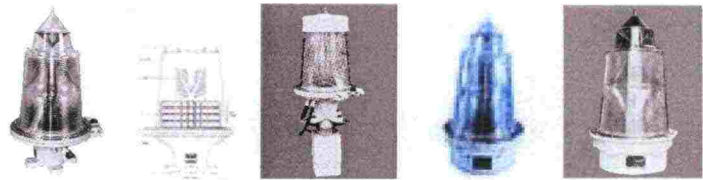
85 mm -valolähteistä tavallisella lampulla toimiva malli LBEA-85/P ja LED-valolla toimiva malli LED-85/P ovat sellaisia, että niiden vilkkumissarjat voidaan synkronoida. Mallit on esitetty kuvassa 7. LEDin ominaisuuksista johtuen LED-85/P-malli toimii paremmin kuin LBEA-85/P-malli. Se on tehokkaampi, sen tehonkulutus on pienempi ja laitteen elinikä on pitempi. FA-249 ja FA-249 LED ovat 155 mm -valolähteitä, joiden vilkkumissarjat voidaan synkronoida. Myös nämä mallit ovat esitetty kuvassa 7. Tavallisella lampulla toimivaan FA-249-malliin verrattuna FA-249 LED tarjoaa LED-valon yllä mainitut edut.

FA-249-valolähteiden alla on pitkä kestävä runko, johon voidaan asentaa erilaisia vilkkulaitteita ja antureita. 85 mm -valojen alapuolella on selvästi vähemmän tilaa.



Kuva 7. Valolähteet, joiden vilkkumissarjat voidaan synkronoida. Vasemmalta oikealle LBEA-85/P, LED-85/P, FA-249 ja FA-249 LED.[10]

200 mm linssillä varustetut valolähteet on tarkoitettu lähinnä siltoihin kiinnitettäväksi. 250 mm -valolähteet on suunniteltu kiinteisiin turvalaitteisiin ja ne on esitetty kuvassa 8. Näistä FA-250 LED toimii LED-valolla ja sen runkoon voidaan asentaa vilkkulaite ja muita antureita. 250 mm -valolähteisiin kuuluvat myös mallit FA-250 ja FA-250 High Wattage. Jälkimmäisen mallin valoteho on muita suurempi, mutta se tarvitsee AC-virtalähteen. FA-250 EX -malli on varustettu räjähdyksenkestävällä ja FA-250 EX Flameproof-malli liekinkestävällä suojalasilla.



Kuva 8. 250 mm -valolähteet. Vasemmalta oikealle FA-250, FA-250 LED, FA-250 High Wattage, FA-250 EX ja FA-250 EX Flameproof.[10]

4.3.2.3 Vilkkulaitteet

Vilkkulaitteista löytyy useita vaihtoehtoja. 155 mm -valolähteisiin ja 250 mm -lampuista FA250-LED-malliin sopivin on AM-6, joka voidaan kytkeä myös Uniflash-järjestelmään. AM-6-vilkkulaitteen tekniset tiedot on esitetty taulukossa 10. Valmiiksi ohjelmoituja vilkkumissarjoja on 255, mutta myös muunlaiset vilkkumissarjat ovat toteutettavissa. Synkronointipoikkeama voidaan määrittää erikseen. Lisäksi laite sisältää sarjaportteja kaukovalvontaa varten. Toinen Uniflash-järjestelmän kanssa yhteensopiva on AM-8, jonka vilkkumissarjaa voidaan muuttaa ulkopuolelta.

Taulukko 10. AM-6-vilkkulaitteen tekniset tiedot.

Sisääntulojännite	10,5 - 30 V (5,5 V erikoisjärjestely)
Lämpötilakestävyys	-40 °C ... +75 °C

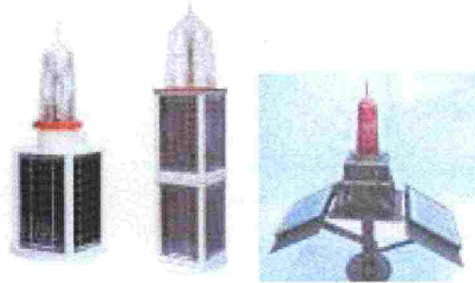
Tavallisilla lampuilla toimiville valolähteille on tarjolla kolme vilkkulaitetta. Yritys kuitenkin suosittelee, että käytettäisiin LED-valoja ja niihin kuuluvia vilkkulaitteita. Ruotsin merenkulkulaitoksella on kokemuksia ELCO-12-vilkkulaitteesta (katso luku 5.3).

4.3.2.4 Muut tuotteet

Yritys tarjoaa myös kiinteisiin turvalaitteisiin tarkoitettuja valojärjestelmiä, jotka toimivat aurinkopaneeleilla ja joiden vilkkumissarjat voidaan synkronoida. Mallien FA-85801, FA-249801, FA-249801HR ja SCS85LED tekniset tiedot on esitetty taulukossa 11. Mallit on esitetty kuvassa 9 lukuunottamatta mallia FA-85801. FA-249801 ja FA-249801HR ovat pääasiassa tarkoitettu paikkoihin, joissa on vähän auringonvaloa. SCS85LED-mallilla on erilaiset akut ja aurinkopaneelit kuin muilla ja sen aurinkopaneelien kallistuskulmaa voidaan muuttaa.

Taulukko 11. Kiinteille turvalaitteille tarkoitettujen valojärjestelmien tekniset tiedot.

Malli	Linssi	Valolähde	Akku	Aurinkopaneelit
FA-85801	85 mm	LED	32Ah-6V tai 16Ah-6V	4 x 3,2 W
FA-249801	155 mm	LED	32Ah-6V tai 16Ah-6V	4 x 3,2 W
FA-249801HR	155 mm	LED	32Ah-6V tai 16Ah-6V	8 x 3,2 W
SCS85LED	85 mm	LED	18 Ah-12 V	(12 V, 5 W) tai (12 V, 10 W) 1 tai 2 kpl.



Kuva 9. Aurinkopaneelilla toimivat valojärjestelmät. Vasemmalta oikealle FA-85801, FA-249801HR ja SCS85LED. FA-249801 puuttuu kuvasta.[10]

4.3.2.5 Toimivuus Suomen olosuhteissa

Yritys on ilmoittanut, että heidän tuotteensa kestävät lämpötiloja $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$ asti. Saman valmistajan kupolia käyttäen kotelon tulisi kestää 100-120 kN:n puristusaine. Kelluvien turvalaitteiden kiihtyvyyksivaatimusta (24 G) pidetään kuitenkin korkeana. Yritys on suorittanut onnistuneita testejä 20 G:n kiihtyvyydellä.

4.4 O.I. Electric A/S

O.I. Electric A/S [11] on vuonna 1977 perustettu tanskalainen tekninen yritys, jonka yhteen osa-alueeseen kuuluu elektroniikan kehittäminen ja tuottaminen. O.I. Electric A/S on Sabikin jälleenmyyjä Tanskassa. Yritys tarjoaa myös omaa synkronointilaitettaan, jonka avulla voidaan synkronoida muiden valmistajien valoja.

4.4.1 Tekniikka ja tuotteita

O.I. Electric:in synkronointilaitteella on synkronoitu PharosMarine:n, Sabikin, Vegan ja LMV Spain:in valoja. Moduulin tekniset tiedot on esitetty taulukossa 12. Moduuli toimii GPS-kellon ja vilkkulaitteen välillä ja se generoi synkronointipulssin vilkkulaitteelle GPS-ajan perusteella. Vilkkulaite synkronoidaan joka minuutti noin 15 s ajan. Synkronointilaite on sen verran tarkka, että sen sisäinen kello (kideoskillaattori) synkronoidaan GPS-aikaan ainoastaan joka 20. minuutti. Synkronointilaitteen kellon synkronointiin tarvitaan 10 - 60 s, mutta yleensä 30 s riittää.

Synkronointilaite kiinnitetään lampun sokkeliin ja kytketään suoraan vilkkulaitteeseen. GPS-antenni kiinnitetään lampun kupolin alle. 100 - 120 kN:n puristusaine ja 24 G:n kiihtyvyys ovat yrityksen mielestä kovia vaatimuksia synkronointilaitteelle, mutta niistä ei pitäisi muodostua ylipääsemättömiä ongelmia.

O.I. Electric on havainnut Sabikin vilkkulaitteissa 100 - 200 ms ajelehtimisen per minuutti. Ajelehtiminen on erilaista eri vilkkulaitteilla, joten erityyppisillä vilkkulaitteilla varustetut valot vilkkuvat helposti epätahdissa.

Taulukko 12 O.I. Electricin synkronointilaitteen tekniset tiedot.

Synkronointitarkkuus	± 20 ms
Lämpötilakestävyys	-20 °C...+60 °C (-40 °C...+60 °C lisämaksulla)
Virrankulutus GPS-yhteydenoton aikana	50 mA (toimintajakso 5 % 17 tunnin yön aikana)
Virrankulutus ilman GPS-yhteyttä	3 mA
Virrankulutus nukkumatilassa päivällä	0,5 mA
Jännite	8-30 VDC
Laitteiston mitat	65 x 22,5 x 85 mm

4.5 Idman Oy / Lentokenttävalaistus-yksikkö

Idman Airfield Lighting [12] on Idman Oy:n yksikkö, joka toimittaa lentokentille valojärjestelmiä yksittäisistä valolähteistä kokonaisiin järjestelmiin. Yrityksellä on yli 40 vuoden kokemus lentokenttävalaistuksesta ja se on saanut laatu- (ISO 9001) ja ympäristösertifioinnit (ISO 14001). Järjestelmät on kehitetty vaativiin Suomen ilmasto-olosuhteisiin.

Yritykseltä löytyy myös synkronoituja vilkkujärjestelmiä, mutta niissä ei käytetä langatonta tiedonsiirtoa. Järjestelmässä on keskusyksikkö, joka syöttää synkronointitiedot valaisimille syöttöpulsseihin koodattuna. Valaisimia ohjataan koodilla. Vilkkumisen voi periaatteessa asettaa vapaasti sillä edellytyksellä, että vain yksi valo toimii kerrallaan. Lentokenttäsovelluksissa valot vilkkuvat peräkkäin ja niiden keskinäiset etäisyydet ovat samat. Eripituiset etäisyydet voitaisiin kuitenkin huomioida laitteille annettavissa koodinumeroissa, jotta valaistu osa radasta tai väylästä siirtyisi tasaisesti eteenpäin.

Yrityksen mukaan heidän käyttämänsä tekniikka ei sovi merisovelluksiin langattomuusvaatimuksen takia.

4.6 Vertailu

Kaikki yritykset Idmania lukuun ottamatta tarjoavat langatonta synkronointia. Synkronoinnissa käytetään referenssinä ensisijaisesti GPS-järjestelmän kelloa. Sabikin valikoimasta löytyy lisäksi tuote, joka synkronoi vilkkuvat valot käyttäen herätesignaalia UHF-taajuuksilla. Sen virrankulutus on kuitenkin suuri verrattuna muihin tuotteisiin.

Langatonta synkronointia tarjoavista yrityksistä Sabik, Pharos Marine ja O.I. Electric tarjoavat synkronointilaitteita, jotka toimivat myös muiden valmistajien valolähteillä ja vilkkulaitteilla. Carmanah ei tarjoa erillistä synkronointilaitetta vaan synkronointimahdollisuus sisältyy koko laitteistoon.

Sabikin, Pharos Marine:n ja O.I. Electricin synkronointilaitteet ovat tutkituista vaihtoehtoista lupaavimmat, mutta kelluvien turvalaitteiden suhteen on epävarmaa, kestävätkö ulkomaisten valmistajien Pharos Marine:n ja O.I. Electricin laitteet Suomen vaativia olosuhteita. Kiinteisiin turvalaitteisiin ulkomaiset tuotteet voisivat sopia, mutta niiden toimintaa kelluvissa turvalaitteista pitäisi testata ennen laajamittaista

käyttöönottoa. Paras tietämys Suomen olosuhteista on Sabikilla, mutta myös Sabikin tuotteita olisi syytä kokeilla jääolosuhteissa ennen hankintapäätöksen tekemistä. Carmanah:in tuotteet eivät sovellu hyvin Suomen olosuhteisiin suuren auringonvalotarpeensa takia.

Koska eri valmistajien vilkkulaitteiden kellojen ajelehtimisessa voi olla eroja, voi olla perustelua käyttää samalla väylällä saman valmistajan vilkkulaitteita valolaitteiden tahdistuksen varmistamiseksi.

Synkronointilaitteistojen tehonkulutus on jatkuvasti muutama mA yöllä, mutta hetkellinen kulutus GPS-yhteyden aikana voi olla paljon tätä suurempi. Päivällä, kun valot ovat pimeänä, tehonkulutus on noin 1 mA.

5 Pohjoismaiden kokemukset synkronoinnista

Pohjoismaissa talviolosuhteet ja sijainti asettavat kovia vaatimuksia turvalaitteisiin asennettavalle laitteistolle. Luotettavin energialähde on paristo, sillä aurinkokennot eivät välttämättä saa varastoitua tarpeeksi auringonvaloa talvikaudella. Antenniratkaisutkaan eivät ole yksinkertaisia, sillä liikkuvien jäiden takia antennien olisi hyvä sijaita loiston sisällä. On myös huomioitava, että kaikki taajuusreferenssijärjestelmät eivät kuulu kaukana pohjoisessa.

Suomen Merenkulkulaitoksella on kokemuksia Sabikin valoista ja synkronointilaitteistoista. Muissa pohjoismaissa (Tanska, Ruotsi ja Norja) on myös pohdittu vilkkuvien valojen synkronointia. Ruotsilla on eniten käyttökokemusta vilkkuvien valojen synkronoinnista. Ilmeisesti myös Baltian maissa on paljon kokemusta aiheesta, mutta sitä ei selvitetty tämän projektin puitteissa.

5.1 Merenkulkulaitos

Merenkulkulaitos on kokeillut synkronointia Rauman väylällä ja Lauttasaaren edustalla. Rauman väylällä kokeiluissa on käytetty synkronointilaitteilla varustettuja Sabikin SmartFlasher-laitteita. Toiminnassa on kuitenkin ollut ongelmia ja vielä toistaiseksi on epäselvää, johtuvatko virheet SmartFlasheristä vai synkronointilaitteista.

5.2 Farvandsvæsenet – Royal Danish Administration of Navigation and Hydrography

Tanskassa on muutamia synkronoituja valoja ja ensimmäiset synkronointikokeilut tehtiin vuonna 2001. Tanskassa ei ole ollut isoja ongelmia laitteiston kanssa. Loistojen valot ovat Pharos Marine:n ja synkronointia varten valoihin on liitetty tanskalaisyritys O.I. Electric A/S:n kehittämää laitteistoa.

5.3 Sjöfartsverket – Swedish Maritime Administration

Ruotsissa synkronointikokeilut aloitettiin vuonna 1997 GPS-signaalia hyödyntävällä laitteistolla ja vuosien varrella on testattu useita erilaisia järjestelmiä. Eniten kokemusta on kuitenkin Pharos Marine:n ja Sabikin tuotteista.

Pharos Marine:n laitteistoista on käytetty LED-85-valoa ELCO-12MK111-vilkkulaitteeseen yhdistettynä sekä Uniflash II -GPS-synkronointijärjestelmää (nykyään Uniflash III). Sabikin tuotteista on käytetty LED-155-valoa sisäänrakennetulla GPS-yksiköllä.

5.4 Kystverket – The Norwegian Coastal Administration

Norjassa on tehty muutama synkronointikokeilu ja lähitulevaisuudessa niitä on tarkoitus jatkaa. Tätä varten on suunnitteilla ostaa päähankkijan, Sabikin, tarjoamia GPS-kelloon pohjautuvia synkronointituotteita LED-valoille. Norjan merenkululaitos ei ole vielä päättänyt vilkkumistapaa eli vilkkuisivatko lateraalimerkit vuorotellen punaista ja vihreää vai vilkkuisivatko molemmat samanaikaisesti.

6 Valojen synkronointi käytännössä

Tässä luvussa pohditaan vilkkuvien valojen synkronointitratkaisuja sovelluskohteena olevalle Vuosaaren väylälle. Aluksi esitellään Vuosaaren väylään kuuluvat turvalaitteet ja sen jälkeen esitetään tapoja synkronoida vilkkuvat valot näkyvyyden parantamiseksi.

6.1 Sovelluskohde: Vuosaaren väylä

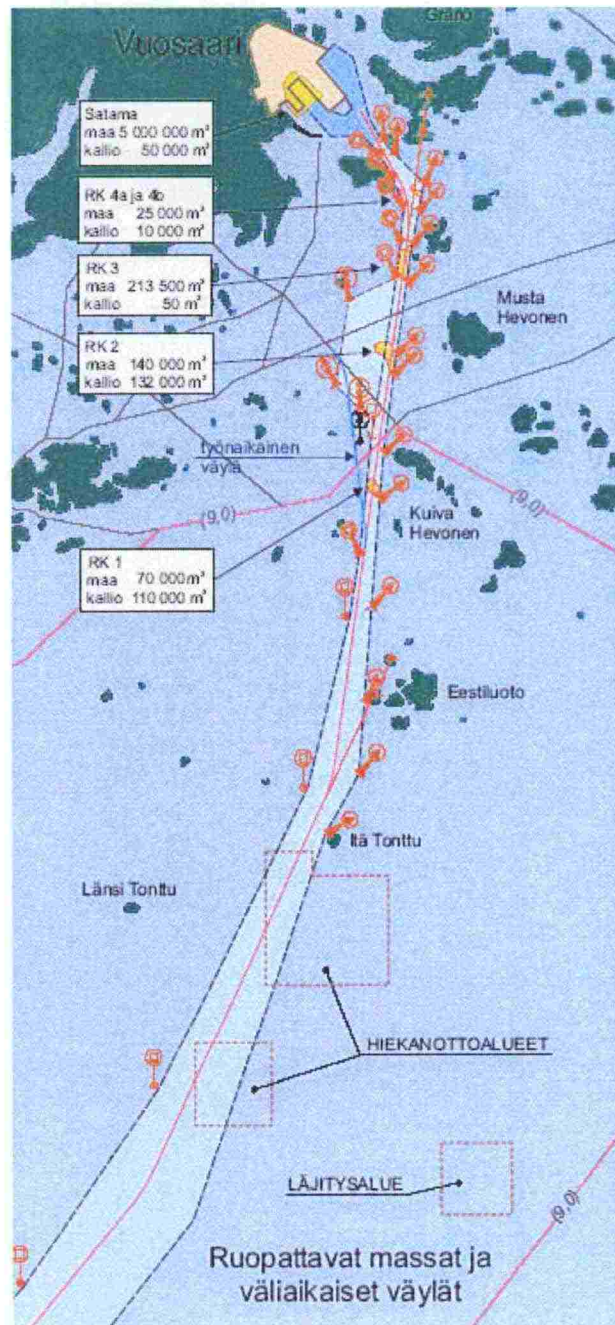
Vuosaaren uuteen satamaan rakennetaan parhaillaan valaistua väylää, josta on esitetty luonnos kuvassa 10. Koska kuva on vain luonnos, siinä olevien turvalaitteiden määrät eivät täysin täsmää taulukon 13 kanssa. Väylä voidaan jakaa kolmeen osaan. Ensimmäinen osa ulottuu satamasta ensimmäiseen käännökseen ja toinen osa tästä käännöksestä kahden saaren, Eestinluodon ja Itä Tontun, välillä olevaan käännökseen. Kolmas osa ulottuu tästä käännöksestä avomerelle.

Ensimmäinen osa on viitoitettu kahdella vasemmanpuoleisella sekä kahdella oikeanpuoleisella merkillä (kaikki jääpoijuja). Toisen osan suunta on esitetty kahdella linjamerkillä ja niiden lisäksi väylä on merkitty kuudella vasemmanpuoleisella merkillä (yksi reunamerkki ja viisi jääpoijua) ja kymmenellä oikeanpuoleisella merkillä (jääpoijuja). Toiseen osaan kuulu myös leveämpi kohta, joka on viitoitettu kolmella itämerkillä (jääpoijuja). Väylän toisella osalla on myös risteävä väylä. Risteyskohdassa käytetään etelämerkkiä (reunamerkki) selkeyden parantamiseksi. Kolmannen osan suunta on merkitty kahdella linjataululla. Lisäksi väylä on merkitty kahdella vasemmanpuoleisella merkillä (reunamerkkiä), yhdellä oikeanpuoleisella merkillä (jääpoiju), yhdellä itämerkillä (viittapoiju) sekä tutkamerkillä.

Väylän eri osiin kuuluvat lateraali- ja kardinaalimerkit on esitetty taulukossa 13. Näiden merkkien vilkkumisjaksot ovat eripituiset ja useimmat synkronointitavat vaativat sen, että kaikki vilkkumisjaksot ovat toistensa monikertoja. Vuosaaren väylältä löytyy yksi etelämerkki (jakso 10 s) sekä kolme itämerkkiä (jakso 5 s). Lateraalimerkkien jakso on 3 s.

Taulukko 13. Vuosaaren väylän lateraali- ja kardinaalimerkit.

	Lateraalimerkit		Kardinaalimerkit	
	Vasen	Oikea	Itä	Etelä
Osa 1	2 jääpoijua	2 jääpoijua		
Osa 2	1 reunamerkki 5 jääpoijua	10 jääpoijua	3 jääpoijua	1 reunamerkki
Osa 3	2 reunamerkkiä	1 jääpoiju	1 viittapoiju	



Kuva 10. Vuosaaren väylään kuuluvat turvalaitteet (luonnos).[13]

6.2 Valojen vilkkumistavat parhaan näkyvyyden aikaansaamiseksi

Turvalaitteiden vilkkumissarjat voidaan synkronoida useilla eri tavoilla ja on syytä pohtia, miten laitteiden tulisi vilkkua, jotta väylä näkyisi merenkulkijoille parhaalla mahdollisella tavalla.

Sabik on havainnut hyväksi ratkaisuksi sen, että väyläosan valolaitteet vilkkuvat samanaikaisesti. Esimerkiksi väylän käännöskohtia voidaan käyttää väyläosiin jaossa. Vuosaaren väylän tapauksessa tämä tarkoittaisi sitä, että samaan väyläosaan kuuluvat lateraalimerkit voisivat vilkkua samanaikaisesti, minkä jälkeen seuraavaan osaan kuuluvat merkit syttyisivät. Jotta väylän eri osat erottuisivat hyvin, olisi suotavaa, että turvalaitteiden vilkkumisjaksot olisivat samanlaiset. Ellei tämä ole mahdollista toteuttaa, vilkkumissarjojen pitäisi olla toistensa monikertoja.

Toinen mahdollinen vaihtoehto olisi jäljitellä lentokentän lähestymisvaloja, jotka syttyvät peräkkäin. Tätä valoefektiä voitaisiin hyödyntää laivojen opastamiseen satamaan. Tämä voi kuitenkin näyttää oudolta poistuttaessa satamasta, mikäli valoja ei sytytetä päinvastaisessa järjestyksessä. Tässä vaihtoehdossa väyliä päissä olevien valojen vilkkumisjaksojen tulisi olla erilaisia kuin väylän keskellä, eli valot olisivat joka toinen kerta pitkäksi aikaa pimeitä ja joka toinen kerta ne syttyisivät heti uudelleen. Valojen syttyminen peräkkäisessä järjestyksessä ei toimi meriväylällä kovin hyvin, koska turvalaitteet eivät sijaitse tasaisin välimatkoin. Koska etäisyydet vaihtelevat, vastaavaa lähestymisvaloefektiä ei ole mahdollista saada aikaan. Toinen ongelma liittyy synkronointipoiikkeamaan. Jos se on pitempi kuin vilkkumisjakso, voi syntyä ongelmia. Jos valojen tulisi syttyä peräkkäin, on parempi muuttaa vilkutusta siten, että esimerkiksi ensimmäinen ja kymmenes valo vilkkuvat samanaikaisesti.

Kolmas vaihtoehto on synkronoida valot niin, että väylän toiseen reunaan kuuluvat valot vilkkuvat samanaikaisesti, minkä jälkeen toisen reunan valot syttyvät. Lateraalimerkkien tapauksessa tämä merkitsisi sitä, että ensiksi kaikki vasemmanpuoleiset merkit vilkkuisivat samanaikaisesti ja sitten kaikki oikeanpuoleiset merkit. Jos muut merkit otettaisiin mukaan, niiden vilkkumisjaksojen pitäisi olla samanlainen kuin lateraalimerkkien vilkkumisjakso tai tämän monikerta. Menetelmän avulla väylän suunta voisi näkyä hyvin merenkulkijoille, mutta väylän leveyden havaitseminen olisi vaikeaa.

Vuosaaren väylän tapauksessa riittänee, että synkronoidaan lateraalimerkit, koska muita merkkejä on suhteellisen vähän. Paras synkronointitapa olisi valojen vilkkuminen samanaikaisesti yhdellä väyläosalla kerrallaan. Vilkkuvien valojen synkronointia on hyvä kokeilla yhdellä väylällä eri olosuhteissa, ennen kuin päätetään käyttöönotettavasta synkronointitavasta. Tällä tavalla nähdään, miten paljon väylän näkyvyys paranee suhteessa synkronointiin tarvittavaan tehonkulutukseen.

7 Yhteenveto

Esiselvityksessä tarkasteltiin erilaisia synkronointimahdollisuuksia Merenkululaitoksen vilkkuville turvalaitteille. Synkronoinnin kannalta tärkeimmät kohteet ovat

lateraalimerkit, koska niitä käytetään useimmilla kauppaväylillä ja ne esiintyvät yleensä lähekkäin. Lateraalimerkeillä tarkoitetaan punaisia vasemmanpuoleisia merkkejä ja vihreitä oikeanpuoleisia merkkejä.

Synkronointi voidaan toteuttaa taajuusreferenssin avulla tai valitsemalla yksi laite isännäksi ja määrittelemällä muut laitteet seuraamaan tätä laitetta (keskitetty synkronointi). Laitteiden toimintaa voidaan myös synkronoida lähettämällä synkronointisanomia niiden välillä (hajautettu synkronointi). Langattomiin järjestelmiin soveltuvia taajuusreferenssejä on useita. Valojen synkronointiin ei välttämättä tarvita atomikellon tarkkuudella toimivaa referenssiä. GPS-signaali, GSM-verkon aika, radiopulssi ja DCF77-taajuusaseman signaali soveltuvat aikasyntetisereferenssiksi. GPS-signaalien hyödyntämistä puoltavat valmiit laiteratkaisut. GSM-verkon aika synkronointireferenssinä on yhtä hyvä ratkaisu, mutta kaikki GSM-modeemit eivät tue verkkoajan lukua. Keskitetty synkronointi soveltuu valojen synkronointiin paremmin kuin hajautettu synkronointi, sillä laskenta kuluttaa huomattavasti vähemmän energiaa kuin sanomien välitys. Keskitetyn synkronoinnin isäntä voi olla ulkoinen (synkronoitavan loistoryhmän ulkopuolella) tai sisäinen (yksi ryhmän loistoista toimii isäntänä). Sisäinen isäntä tulisi sijoittaa sellaiseen loistoon, jossa tehonkulutus ei ole rajoite. Sisäisen isännän tapauksessa synkronointiviesti voi olla herätesignaali tai taajuusreferenssi-vastaanotimesta saatu aikakoodi.

Esiselvityksessä kartoitettiin myös eri yritysten (Sabik, Carmanah, Pharos Marine / Automatic Power, O.I. Electric ja Idman) tarjoamia tuotteita valojen synkronointiin. Lukuun ottamatta Idmania kaikki yritykset tarjoavat langatonta synkronointia. Yleisin käytetty synkronointimenetelmä on sisäisen kellon synkronointi GPS-ajan avulla. Sabik, Pharos Marine ja O.I. Electric tarjoavat erillistä synkronointilaitetta, joka toimii myös muiden valmistajien vilkkulaitteilla ja valolähteillä. Näistä yrityksistä Sabikilla on paras tietämys Suomen meriolosuhteista. Carmanah:in tuotteet eivät sovellu Suomen olosuhteisiin, koska aurinkopaneeleilla toimivat laitteistot tarvitsevat liikaa auringonvaloa Suomen olosuhteisiin nähden. Yrityksellä ei myöskään ole myynnissä erillistä synkronointilaitetta.

Lisäksi esiselvitystä varten tehtiin selvitys Pohjoismaiden viranomaisten kokemuksista liittyen turvalaitteiden vilkkuvien valojen synkronointiin. Eniten käytännön kokemusta on Ruotsilla, missä synkronointikokeilut alkoivat jo vuonna 1997. Ruotsilla on kokemusta Pharos Marine:n ja Sabikin tuotteista ja Tanskalla O. I. Electric:in synkronointilaitteeseen yhdistetyistä Pharos Marine:n valolähteistä. Norjassa on tehty myös synkronointikokeiluja ja ne jatkuvat todennäköisesti lähitulevaisuudessa. Suomen Merenkululaitos on testannut Sabikin tuotteita Rauman väylällä ja Lauttasaaren edustalla.

Esiselvityksen lopussa pohdittiin valojen synkronointitapaa Vuosaaren väylän tapauksessa. Väylä voidaan jakaa kolmeen osaan käännösten perusteella. Soveltuvien synkronointitapa näyttäisi olevan väylän osan lateraalimerkkien sytyttäminen samanaikaisesti siten, että eri osien merkit vilkkuvat eri aikaan. Muita merkkejä kuin lateraalimerkkejä on suhteellisen vähän ja väylän näkyvyyden kannalta pelkästään lateraalimerkkien synkronointi tulisi riittää. Synkronointitapa tulisi kokeilla ensiksi yhdellä väylällä eri olosuhteissa, jotta nähtäisiin miten paljon näkyvyys paranee suhteessa lisääntyneeseen tehonkulutukseen.

Lähdeluettelo

- [1] Merenkululaitos, *Suomen rannikon loistot*, 2003.
- [2] K-E Löfgren, *Veneilijän merenkulkuoppi I saaristonavigointi*, Suomen Navigaatioliitto, 2003.
- [3] D. L. Mills, Internet time synchronization: the network time protocol, *IEEE Transactions on Communications*, vol. 39, no. 10, pp. 1482-1493, Oct. 1991.
- [4] S. Ganeriwal, R. Kumar, M. Srivastava, Timing-sync protocol for sensor networks, *Proc. First Int. Conf. on Embedded Network Sensor Systems*, Los Angeles, California, Nov. 2003.
- [5] J. Elson , L. Girod , D. Estrin, Fine-grained network time synchronization using reference broadcasts, *Proc. of the 5th symposium on Operating systems design and implementation*, Boston, Massachusetts, December 09-11, 2002.
- [6] S. PalChaudhuri, A. Saha, D. B. Johnson, Probabilistic clock synchronization service in sensor networks, Technical Report TR 03-418, Department of Computer Science, Rice University, 2003.
- [7] G. Pottie, W. Kaiser, Wireless integrated network sensors, *Communications of the ACM*, 43(5), pp 51-58, May 2000.
- [8] <http://www.sabik.fi/>
- [9] <http://www.solarmarinelights.com/>
- [10] <http://www.automaticpower.com/>
- [11] <http://www.oi-electric.dk/>
- [12] <http://www.idman.fi/page.asp?pageid=air,intro&languageid=EN>
- [13] <http://www.fma.fi/media/merivayla/2004-2.pdf>

Liite A: Lista haastatelluista henkilöistä

Yritys tai organisaatio	Nimi	Aihe
Oy Sabik Ab	Jonas Lindberg	Sabikin tuotteet
Idman Oy / Lentokenttävalaistus yksikkö	Jarmo Karttunen	Idmanin tuotteet
Pharosmarine	Alan Tassel	Pharos Marine:n tuotteet
Pharosmarine	Charles Webb	Pharos Marine:n tuotteet
Carmanah	Mimi Drabit	Carmanah:in tuotteet
Carmanah	Elena Clark	Carmanah:in tuotteet
O.I. Electric	Ove Ibsen	O.I. Electric:in tuotteet
Danaton	Torben Hammer	Danatonin tuotteet
VTT Tietotekniikka	Risto Mutanen	Synkronointimenetelmät ja laiteratkaisut
VTT Tietotekniikka	Jan Holmberg	Synkronointimenetelmät ja laiteratkaisut
VTT Tietotekniikka	Heikki Seppä	Synkronointimenetelmät ja laiteratkaisut
Royal Danish Administration of Navigation and Hydrography	Jørgen Royal Petersen	Tanskan synkronointikokemukset
Sjöfartsverket	Hans Rosén	Ruotsin synkronointikokemukset
The Norwegian Coastal Administration	Oddbjørn N. Vik	Norjan synkronointikokemukset
Digita Oy	Henri Viljasjärvi	DigiTV:n aikakoodi
TeliaSonera	Kirsi Lepistö	Soneran GSM-verkon aika

Liite B: Lyhenneluettelo

DGPS	Differential Global Positioning System
DVB-S	Dif Satellite Digital Video Broadcasting
DVB-T	Terrestrial Digital Video Broadcasting
GSM	Groupe Spécial Mobile Global System for Mobile Communication
GPS	Global Positioning System
HDTV	High Definition Television
IALA	International Association of Marine Aids to Navigation and Lighthouse Authorities
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
IMSI	International Mobile Subscriber Identity
ISO	International Organization for Standardization
LED	Light Emitting Diodes
LF	Low Frequency
MSC	Mobile Services Switching Center
NASA	National Aeronautics and Space Administration
NITZ	Network Identity and Timezone
NTP	Network Time Protocol
PAL	Phase Alternation Lines
RBS	Reference Broadcast Synchronization
RDS	Radio Data System
SCTS	Service Center Time Stamp
SDH	Synchronous Digital Hierarchy
SMCS	Short Message Service Centre
SMS	Short Message Service
TCP	Transmission Control Protocol
TPSN	Timing Synch Protocol for Sensor Networks
UHF	Ultra High Frequency
UTC	Coordinated Universal Time
VLR	Visitor Location Register
WLAN	Wireless Local Area Network

